Aus der Radiologischen Abteilung
der Krankenhausbetriebe von Berlin Spandau
örtlicher Bereich Lynarstraße
Direktor: Prof. Dr. med. Sebastian Lange

SONOGRAPHIE DES NIERENBECKENKELCHSYSTEMS

PATHOLOGISCHE AUFWEITUNG UND DARSTELLUNG UNTER VERSCHIEDENEN FÜLLUNGSZUSTÄNDEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
LIESEL REGITZ—JEDERMANN
aus Limbach/Saar

1983

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547201_0070

Aus der Radiologischen Abteilung
der Krankenhausbetriebe von Berlin Spandau
örtlicher Bereich Lynarstraße
Direktor: Prof. Dr. med. Sebastian Lange

SONOGRAPHIE DES NIERENBECKENKELCHSYSTEMS PATHOLOGISCHE AUFWEITUNG UND DARSTELLUNG UNTER VERSCHIEDENEN FÜLLUNGSZUSTÄNDEN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
LIESEL REGITZ-JEDERMANN
aus Limbach/Saar

Referent: Prof. Dr. med. Sebastian Lange

Korreferent: Prof. Dr. med. D. Jonas

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 8. Juni 1984

INHALTSANGABE

1.0.0 Einleitung , S.3

1.1.0 Die Harnstauungsniere aus pathologischer, pathophysiologischer und klinischer Sicht, S.3

1.1.1 Anatomie und Physiologie der ableitenden Harnwege, S.3

1.1.2 Pathologie und Pathophysiologie der Harnstauungsniere, S.4

1.1.3 Aetiologie der Harnstauungsniere, S.8

1.1.4 Klinik, S.10

1.1.5 Die ableitenden Harnwege während Diurese, S.11

1.2.0 Radiologische Diagnostik der Harnstauungsniere, S.12

1.3.0 Physikalische Grundlagen der Ultraschalldiagnostik, S.15

1.4.0 Sonographie der Niere, S.17

1.4.1 Normalbefund der Niere im Ultraschallbild, S.17

1.4.2 Die Harnstauungsniere im Ultraschallbild, S.19

1.5.0 Fragestellung, S.20

2.0.0 Material und Methode, S. 21

2.1.0 Routineuntersuchung der Niere im Ultraschall, S.21

2.2.0 Standardbedingungen im Versuch, S.22

2.3.0 Messmethode , S.26

2.4.0 Die Harnstauungsniere im Vergleich von Sonogramm und Urogramm , S.26

2.4.1 Bewertung des Urogramms , S.26

2.4.2 Retrospetive Auswertung , S.26

2.4.3 Prospektive Studie , S.27

2.5.0 Nephrosonogramm unter Standardbedingungen während eines Infusionsurogramms (osmotische Diurese) , S.27

2.6.0 Nephrosonogramm unter Standardbedingungen während oraler Flüssigkeitszufuhr , S.28

2.6.1 Untersuchungsgang A: Zufuhr eines nicht-diuretisch wirksamen Getränks (Wasserdiurese) , S.28

2.6.2 Untersuchungsgang B: Zufuhr eines diuretisch wirksamen Getränks (Koffeindiurese) , S.29

2.6.3 Untersuchungsgang C: Einnahme eines pharmakologischen Diuretikums (Furosemid),S.29
2.6.4 Auswertung,S.29

3.0.0 Ergebnisse S.31
3.1.0 Korrelation von Sonogramm und Urogramm ,S.31
3.1.1 Retrospektiver Teil ,S.31
3.1.2 Prospektive Studie ,S.32
3.1.3 Ureterendarstellung ,S.34
3.1.4 Zusammenfassung Teil A und B , S.34
3.2.0 Sonogramm nach oraler Flüssigkeitszufuhr ,S.35
3.2.1 A Wasserdiurese
3.2.2 B Koffeindiurese
3.3.0 C Furosemid
3.4.0 Osmotische Diurese ,S.46

4.0.0 Diskussion S.48
4.1.0 Die Kelchweite als Indikator der Harnstauungsniere,S.48
4.2.0 Die Kelchweiten bei pathologischen Harnstauungsnieren und bei funktionellen Ektasien im Experiment ,S.5o
4.3.0 Zeitpunkt der initialen Kelchaufweitung bei Wasser- und Koffeindiurese,S.52
4.4.0 Darstellung des proximalen Ureters,S.53
4.5.0 Echomuster der Harnstauungsniere und der funktionellen Ektasien,S.58
4.6.0 Klassifikationsschema der Harnstauungsniere/Hydronephrose,S.58
4.7.0 Sensitivität und Fehldiagnosen der prospektiven und der retrospektiven Untersuchung,S.62
4.8.0 Differentialdiagnosen ,S.64

5.0.0 Zusammenfassung S.72

1.0 EINLEITUNG

1.1.0 DIE HARNSTAUUNGSNIERE AUS PATHOLOGISCHER, PATHOPHYIOLOGISCHER UND KLINISCHER SICHT

1.1.1 Anatomie und Physiologie der ableitenden Harnwege

Nierenbecken und Kelchsystem bilden eine anatomische und physiologische Einheit, deren Funktion im kontinuierlichen Harntransport von den Nierenpapillen zum Ureter besteht. Je nach Ursprungsart des Ureters aus dem Nierenbecken lassen sich folgende Formen des Nierenbeckens abgrenzen (25):

1) Vorliegen eines Bulbus uretericus (95%):
   a) trichterförmig (70%)
   b) ampullär-glockenförmig bis quadratisch (5%)
   c) Bulbus- oder Kelchentwicklung atypisch (20%)

2) Fehlende Bulbusanlage
   Nierenkelche von verschiedener Länge und Zahl (5%)

Die Nierenkelche zeigen in Anordnung und Form eine große Variationsbreite. In der Regel werden die Nierenkelche durch die Papillen geformt (Calices minores). Diese vereinigen sich zu zwei bis drei größeren Hauptkelchen (Calices majores) und münden ins Nierenbecken. Abhängig von der embryologischen Entwicklung liegt das Nierenbecken entweder im Sinus renalis (intrarenales Nierenbecken) oder der größere Anteil liegt medial der Niereninnenkante (extrarenales Nierenbecken). Das extrarenale Nierenbecken kann als Windkessel Druckspitzen abfangen, z.B. bei einer Abflußbehinderung, während sich bei intrarenaler Lage Druckschwankungen durch Abflußstörungen direkt auf die Funktionsfähigkeit des Nierenparenchyms auswirken.

Der normalerweise 25 bis 35 cm lange, retroperitonealgelegene Harnleiter verbindet das Nierenbecken mit der Harnblase. Der Muskelschlauch mit scherengitterartiger Anordnung der Muskelfasern läßt sich in einen abdominellen und einen pelvinen Abschnitt unterteilen.
Von klinischer Bedeutung (Störung des Harntransportes, Behinderung der Steinpassage) sind die drei physiologischen Engen des Ureters:

- der subpelvin gelegene Isthmus superior
- der Isthmus medius an der Linea terminalis bzw. der Kreuzung der Iliakalgefäße
- der Isthmus inferior im intramuralen Harnleiterbereich

Intrarenal erfolgt der Harntransport rein passiv entlang dem Druckgefälle zwischen Glomeruli und Nierenkelchen. Der intrapelvine hydrostatische Druck beträgt unabhängig von Flüssigkeitsangebot , Diurese und Blasenfüllung normalerweise weniger als 10 mm Hg (25). Eine intrapelvine Drucksteigerung führt zu einer Einschränkung bzw. zu vollständigem Verlust der Nierenfunktion durch Atrophie zuerst der distalen und später auch der proximalen Nephrone. Vom Nierenbecken zur Blase wird der Harn durch die myogen gesteuerte Ureterperistaltik mit Schrittmacherzentrum im Nierenbecken befördert. Diese ist in der Regel auch bei maximaler Diurese voll wirksam. Voraussetzung für einen kontinuierlichen Harntransport ist das freie Ureterspiel. Ureteradhäsionen und Wandinfiltrationen wirken funktionell wie eine Stenose des Harnleiters.

1.1.2 Pathologie und Pathophysiologie der Harnstauungsniere

DEFINITION

Als Harnstauungsniere bezeichnen wir die Dilatation des NBKS, die, gleichgültig ob mechanischer oder funktioneller Genese, durch Aufstauung von Urin bei Abflußbehinderung verursacht wird.

Von Bedeutung ist die Unterscheidung in Aufweitungen ohne Parenchymverschmälerung (Ektasie des NBKS) und Aufweitungen mit Verschmälerung des Parenchyms (Hydronephrose). Die Ektasie ist ein pathophysiologischer Zustand, der völlig reversibel ist, während die pathologisch-anatomischen Veränderungen der Hydronephrose irreversibel sind (1,7,18,23). Lutzeyer (25) weist ferner darauf hin, daß in der internationalen Literatur der Begriff der 'kongenitalen Harnstauungsniere' durch die Bezeichnung 'Hydronephrose' ersetzt wurde. DEUTICKE (7) unterscheidet zwischen einer Pyelektasie und einer Nephrektasie: Laut VOELCKER fängt das extrarenal gelegene Nierenbecken aufgrund seiner größeren Elastizität eine Binnendrucksteigerung größtenteils auf, wobei das Becken stark geweitet wird (Pyelektasie). Bei intrarenaler Lage sind die Möglichkeiten des Nierenbeckens zur Ausweitung durch Begrenzung von Parenchym und Capsula fibrosa nicht größer als für die Kelche. Dadurch erfahren die Kelche als empfindlichste Teile die erste und stärkste Ausweitung.

Das pathologisch-anatomische Bild einer Harnstauungsniere ist abhängig von Höhe und Dauer der Drucksteigerung im Hohlsystem (5,14,20). Der intrapelvine Druck wird durch drucksteigernde und drucksenkende Faktoren bestimmt: Harnproduktion und Abflußstörung wirken drucksteigernd, Rückresorption von Harn durch die Pyelon- und Ureterschleimhaut wirken drucksenkend.
Intrapelvine Druckmessungen durch ultraschallkontrollierte perkutane Punktion (28) ergaben bei nierengesunden Probanden einen Mittelwert von 6,5 mm Hg. Bei Steinobstruktion waren die Werte auf durchschnittlich 20 bis 25 mm Hg erhöht, während einer Steinkolik steigen sie auf 50 bis 70 mm Hg an. Bei hydronephrotisch veränderten Nieren ohne Obstruktion fanden sich annährend normale Binnendruckwerte. Bei einer Hydronephrose infolge partieller oder totaler Obstruktion war der intrapelvine Druck initial erhöht, sank aber bei längerbestehendem

Verschluß auf gegenüber der Norm noch leicht erhöhte Werte ab.

AUSWIRKUNGEN VON DRUCKSTEIGERUNGEN IM NBKS AUF NIERENPARENCHYM UND HARNWEGE:

Eine mäßiggradige Drucksteigerung führt zu einer Dilatation der Harnwege proximal des Ablußhindernisses mit kompensatorisch verstärkter Peristaltik, und bei längerbestehender Entleerungsstörung zu einer Hypertrophie von Nierenbecken- und Uretermuskulatur. Bei hochgradiger, insbesondere akut einsetzender Abflußbehinderung kann eine extreme Binnendruckerhöhung zu einer Überdehnung der Muskulatur und einem Sistieren jeglicher Peristaltik führen, so z.B. bei einer Ureter- oder Nierenkolik gleich welcher Genese.
Entscheidend für die Erholungsfähigkeit der Niere ist die Dauer der Entleerungsstörung. So konnten IDBOHRN, WIDAN, GOVAN im Tierversuch nachweisen, daß ein Verschluß von etwa einer Woche voll reversibel ist. Nach ungefähr 2-wöchiger Verschlußdauer kann es nach Tagen bis Wochen wieder zur vollen Wiederherstellung der Nierenfunktion kommen, vielfach bleibt allerdings eine quantitative und qualitative Funktionsminderung des Nierenparenchyms zurück. Nach mehr als 3-wöchiger Obstruktion kommt es in der Regel zu einer vollständigen, irreversiblen Funktionseinbuße der Niere (aus 3). Nach GILLENWATER (16) ist die Erholungsfähigkeit der menschlichen Niere individuell sehr verschieden und von mehreren Faktoren wie Alter des Patienten, Allgemeinzustand, Harnwegsinfektion abhängig. In Einzelfällen wurde in der Literatur über eine Wiederherstellung der Nierenfunktion nach wesentlich länger bestehender Obstruktion berichtet, in einem Falle 69 Tage einer kompletten Obstruktion.

Das Ausmaß und die Art der Veränderungen an den ableitenden Harnwegen ist abhängig von (3):

a) Anatomischem Bau von Niere und Ureter
b) Dauer und Intensität der Abflußbehinderung
c) Lokalisation der Abflußbehinderung
d) Alter des Patienten
e) Vorliegen oder Fehlen einer Harnwegsinfektion

zu a): Beim intrarenal gelegenen Nierenbecken wird zuerst eine Dilatation der Kelche beobachtet, während beim extrarenalen Nierenbecken die Aufweitung des Beckens dominiert.
zu b): Dauer und Intensität des Verschlusses sind, wie bereits zuvor ausgeführt, von Bedeutung für das Ausmaß der pathologischen Veränderungen des Nierenparenchyms und somit deren Fähigkeit zur Wiederaufnahme der Funktion.
zu c): Bei einer Lokalisation des Abflußhindernisses im proximalen Teil der ableitenden Harnwege ist die Gefahr einer Parenchymschädigung bedeutend größer als bei einer Stenosierung im distalen Ureterabschnitt. Dabei überwiegt die Dilatation des Hohlsystems.
zu d): Beim Jugendlichen bewirkt die Harnstauung eine Volumenzunahme der betroffenen Niere, während beim älteren Menschen die Atrophie des Nierenparenchyms im Vordergrund steht. GRAUHAN (17) erklärt dies durch seine Theorie, nach der eine Hydronephroseentwicklung beim jugendlichen Individuum einen Wachstumsreiz für die erkrankte Niere darstellt. Besonders ausgeprägt ist diese Nierenvergrößerung (Riesenwuchs) bei einer intrauterinen Hydronephrose.
zu e): Jede Störung des Harntransportes disponiert zu einer Infektion von Harnwegen und Niere, diese wiederum kann nur ausheilen, wenn der ungestörte Harnabfluß gesichert ist. Bakteriotoxische Einflüsse führen zu einer Hypotonie der Harnwege, und letztlich ebenfalls zu einem Sistieren der Ureterperistaltik und einer Harnstase.

1.1.3 Aetiologie der Harnstauungsniere

Die Ursachen der Harnstauungsniere sind vielfältig. Es lassen sich zwei große Gruppen unterscheiden:
- die kongenitale Hydronephrose
- die erworbene Harnstauungsniere

Bei der kongenitalen Hydronephrose ist nach MURNAGHAN (aus 6) das primäre Substrat der muskuläre Defekt des Nierenbecken-Harnleiterabganges, nämlich eine Prädominanz der Längsmuskulatur im pelviureteralen Bereich. Dies bewirkt eine Störung der Koordination von Nierenbecken- und Harnleiterperistaltik. Ein Dauerspasmus in diesem Segment führt zu Hypertrophie der Muskulatur, chronischer Entzündung, und letztlich zu Sklerose und Fibrose, dem irreversiblen Endzustand der Hydronephrose.
Die Mehrzahl (98%) der erworbenen Harnstauungsnieren beruht auf einer mechansichen Obstruktion, die Ursachen sind in Tab.1 zusammengefaßt (18). Obstruktive Harntransportstörungen sind definiert durch die Trias (25):
1) lokalisierbare Stenose
2) prästenotischer Druckanstieg
3) prästenotische Urinstase

Ferner kommen dynamische Obstruktionen als Ursache einer Harnstauung in Betracht, dieses sind z.B. entzündliche, neurogene, kongenitale Pathoperistaltik mit vesico-ureteralem Reflux (23,25)

Klinisch ist die dynamische oder funktionelle Ureterstenose definiert durch folgende Trias (25):
1) Röntgenologisch/sonographisch nachweisbare Harnstauung
2) Kein mechanisches Abflußhindernis (freie Passage für Ureterkatheter 7 bis 10 Charr)
3) Kein eindeutiges pathologisch-anatomisches Substrat.

Sitz des Hindernisses	Art des Hindernisses			
	Kongenital	Entzündlich	Neoplastisch	Mechanisch
Niere	Verlagerung Abnorme Verbindung der Nierenfascie Formveränderungen Verschmelzungsniere Dystope Niere Cysten des unteren Pols	Nierenabsceß Echinokokkus	Tumoren: Adenocarcinome Carcinom Papilläres Cystadenom Fibrom Sarkom Embryom Gutartige Tumoren: Lipom Myxom Fibrosarkom Metastatische Tumoren	Wanderniere Steine Torsion des Hilus Traumatische Ruptur
Nierenbecken und Ureter	Doppelbildung Hypoplasie Stenosis Knickungen Dorsaler Verlauf Divertikel Cysten Faltenbildung Ureterocele Aberrante Gefäße und Stränge	Einfache Ureteritis Bestrahlungsureteritis Spastische Ureteritis Proliferative Ureteritis Tuberkulose Leukoplakie Schistostomiasis Periureteritis Periureteritischer Absceß	Benigne und maligne Tumoren des Nierenbeckens oder des Ureters oder der benachbarten Organe Druck des graviden Uterus	Steine Trauma (chirurgisch oder nichtchirurgisch) Fistel Einstülpung des Ureters Hernie des Ureters Nephroptosis Totaler Prolaps des Ureters Verminderung des Muskeltonus während der Schwangerschaft
Blase	Blasensklerose	Cystitis Trigonitis Proliferative Cystitis Tuberkulöse Cystitis Lues Schistostomiasis Echinokokkus	Benigne und maligne Tumoren	Neurogene Ursachen Steine Fremdkörper
Prostata	Cysten Hyperplasie	Akute, chronische Prostatitis Absceß	Prostatahypertrophie Carcinom	Steine
Harnröhre	Hypospadie mit Stenose Atresie Divertikel Cysten Hypertrophie des Verumontanums	Unspezifische Urethritis Gonorrhoe (Striktur) Absceß der Cowperschen Drüsen Absceß der	Papillom Adenom usw. Metastatische Tumoren	Fremdkörper Steine Ruptur Striktur Prolaps

	Faltenbildungen	Harnröhre Tuberkulose Lues Lymphopathia venereum		
Über die Harnröhrenöffnung hinaus	Phimose Paraphimose	Akute, chronische Entzündung	Carcinom des Penis oder des Präputiums	Steine des Präputial - sackes

TABELLE 1: ENTSTEHUNGSURSACHEN DER MECHANISCHEN HARNSTAUUNGSNIERE (nach HERBUT, aus Handbuch der Urologie)

Die Aetiologie dieser dynamischen Obstruktion ist noch nicht hinreichend erklärt. DEUTICKE verneint das Zustandekommen einer Harnstauungsniere aufgrund einer dynamischen Entleerungsstörung. Nach seiner Ansicht läßt sich immer eine mechanische Ursache für eine Harnstauung finden (7).

1.1.4 Klinik

Von klinisch-therapeutischer Bedeutung ist die Unterteilung der Harnstauungsnieren in folgende Formen:
- akute Harnstauung
- chronische Harnstauung
- intermittierende Harnstauung

Wie bereits erläutert, ist die Dauer einer Obstruktion entscheidend für die Erhaltung der Organfunktion bzw. den vollständigen Funktionsverlust. Voraussetzung für günstige Resultate von organerhaltenden plastischen Operationen sind die Frühdiagnose und der rechtzeitige Behandlungsbeginn. Aufschluß über die Dauer der Obstruktion vermag letztlich nur die anamnestische Befragung des Patienten zu geben.

SYMPTOMATIK

Frühsymptome einer kongenitalen Hydronephrose sind meist uncharakteristische Beschwerden in der Nieren- und Lum-

balgegend, gelegentlich auch gastro-intestinale Beschwerden, die oft zu einer Fehldiagnose führen können. Erst spätere, für Harnwegserkrankungen typische Symptome wie Koliken, Hämaturien, erhöhte Temperaturen und u.U. Schüttelfröste führen zur richtigen Diagnose. Die klinische Symptomatik der erworbenen Harnstauungsniere ist abhängig von der Grunderkrankung. Leitsymptom der Steinerkrankung ist die Nieren- bzw. Ureterkolik mit Hämaturie, bei der chronischen Harnstauungsniere stehen die untypischen gastro-intestinalen Beschwerden im Vordergrund, später die zunehmende Niereninsuffizienz. Je nach Ursache finden sich laborchemisch Bakteriurie, Albuminurie und Hämaturie.

THERAPIE
Die Therapie der kongenitalen Hydronephrose besteht in jedem Falle in der Operation (LUTZEYER). Liegt ein infiziertes Organ vor oder eine diagnostisch gesicherte hochgradige Zerstörung der Niere, kommt nur noch eine Nephrektomie in Frage. In der Regel ist die organerhaltende plastische Operation die Methode der Wahl. Die Therapie der erworbenen Harnstauungsniere richtet sich nach Art und Grad der Grunderkrankung, Dauer der Obstruktion und der eventuell zu erwartenden Restitution der Nieren.

1.1.5 Die ableitenden Harnwege während Diurese

Unter physiologischen Bedingungen ist der gesunde Ureter auch bei erhöhtem Flüssigkeitsangebot und erhöhtem Strömungswiderstand in der Lage, den anfallenden Urin ohne Stauungserscheinungen vom Nierenbecken zur Blase zu transportieren. Das von der Niere produzierte Harnvolumen kann bei Dehydration weniger als 0,2 ml/min. betragen, bei maximaler Diurese dagegen mehr als 2,0 ml/min. Der Strömungswiderstand ist abhängig vom Füllungszustand der Blase und vom Blasendruck (erhöht

beim Prostatiker).
Die Ureterdynamik reagiert auf Diurese mit folgenden Mechanismen: Zunahme der Kontraktionsfrequenz, Erhöhung des Tonus, Verbreiterung der Kontraktionskomplexe und Beschleunigung der Strömungsgeschwindigkeit (25)

TANAGHO (43) beobachtete im Tierexperiment die Auswirkungen der Diurese auf die ableitenden Harnwege. Er kommt zu dem Ergebnis, daß das auf das doppelte der Norm erhöhte Harnvolumen keine sichtbaren Auswirkungen auf die Ureterdynamik hat. Erst bei der 3- bis 4-fachen Harnmenge ist durch die dichter aufeinanderfolgenden peristaltischen Wellen eine geringgradige Distension und Urinstase zu beobachten. Überschreitet das Harnvolumen die Entleerungskapazität des Ureters, führt die weitere Hydration zu einer Urinstase und einer Ureterdilation, und schließlich zum Stillstand des Harntransportes.

Die Ureterdynamik wird direkt durch das Ausmaß der Blasenfüllung beeinflußt (7,25,43). Eine Dehnung des Trigonums der Blasenwand durch zunehmende Blasenfüllung führt zu einer Verengung des intramuralen Harnleiterabschnittes und einem erhöhten Strömungswiderstand bei normalem intravesikalen Druck. Diese funktionelle Stenose bewirkt eine Dilatation des Harnleiters und eine Stase des Urins.
Die Erweiterung des Ureters ist hierbei abhängig vom individuell unterschiedlichen Tonus der Harnwege. Bei hypotonen Harnwegen führt bereits eine forcierte Diurese zu einer Erweiterung des Harnleiters (7).

1.2.0 RADIOLOGISCHE DIAGNOSTIK DER HARNSTAUUNGSNIERE

Grundlage jeder urologischen Diagnostik bezüglich der Harnstauungsniere sind die radiologischen Untersuchungsverfahren. Hier ist in erster Linie die Ausscheidungs-

urographie als klassische Methode zu nennen, die über das Ausmaß der Harnstauung, Parenchymbeteiligung, Lokalisation des Abflußhindernisses sowie Tonus und Motilität der Harnwege Aufschluß zu geben vermag. Im letzten Jahrzehnt erlangte die Nephrosonographie zunehmende Bedeutung als anerkannte Screeningmethode zum Nachweis oder Ausschluß einer Harnstauungsniere. Der Vorteil liegt in der nicht-invasiven, den Patienten nicht belastenden Technik, der fehlenden Strahlenbelastung und der Unabhängigkeit von der exkretorischen Nierenfunktion. Letzteres ist von Bedeutung für die diagnostische Abklärung der stummen Niere. Diese konnte zuvor nur durch die retrograde Pyelographie dargestellt werden, die mit einer hohen Komplikationsrate belastet ist (aszendierende Infektion, Perforation des Ureters, pyelorenaler Reflux mit schlimmstenfalls einer Urosepsis als Folge). Ebenso hat sich die Sonographie bei der Untersuchung von Schwangeren und Kindern sowie bei Verlaufskontrollen bewährt. Hier stellt der Einsatz ionisierender Strahlen ein mittlerweile vermeidbares Risiko dar.

Die weiteren Indikationen der Sonographie ergeben sich aus den Kontraindikationen der radiologischen Untersuchungsverfahren: Kontrastmittelallergie, multiple Myelome, primärer Hyperparathyreodismus, Leber-Nierenparenchymschaden, Hyperthyreose, dekompensierte Herzinsuffizienz, Anurie und die akute Harnstauung (Kolik). Hier besteht die Gefahr einer Ruptur des akut überdehnten Hohlsystems durch die kontrastmittelinduzierte osmotische Diurese.
In Tab. 2 und 3 findet sich eine Zusammenstellung der Indikationen zur Nephrosonographie und der besonderen Vorteile dieses Verfahrens.

A. NACH VORHERIGEM UROGRAMM

1) Röntgenologisch stumme Niere, akutes Nierenversagen
2) Verdacht auf Hydro- oder Pyonephrose
3) Abklärung raumfordernder Prozesse der Nieren
4) Kongenitale Nieren-Anomalie (besonders Kinder)
5) Verdacht auf Nierenruptur
6) Verdacht auf pararenale oder andere retroperitoneale Abszesse, Metastasen oder Tumoren
7) Postoperative Verlaufskontrollen nach plastischen Operationen der ableitenden Harnwege
8) Versuch der Darstellung röntgen-negativer Steine

B. OHNE UROGRAMM

1) Darstellung der Nieren bei Kontrastmittelallergie
2) Verdacht auf Harnstauungsnieren während der Schwangerschaft
3) Verlaufskontrollen von Harnstauungsniere
4) V.a. Zystennieren

TAB. 2 : INDIKATION ZUR NEPHROSONOGRAPHIE

1) Minimale Belästigung der Patienten
2) Geringer äußerer Aufwand
3) Keine invasive Methode
4) Keine Strahlenbelastung, keine Toxizität
5) Unbegrenzte Wiederholbarkeit
6) Gleiche Aussage bei normaler, eingeschränkter oder fehlender Nierenfunktion
7) Anwendbar bei Kontrastmittelallergie
8) Anwendbar in der Schwangerschaft

TAB. 3: BESONDERE VORTEILE DER NEPHROSONOGRAPHIE

Aus 'Ultraschalldiagnostik in der Urologie', Henning Bartels und K.F.Albrecht in "Deutsches Ärzteblatt", Heft 39, 23.9.1976

1.3.0 PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN DER ULTRASCHALLDIAGNOSTIK

Ultraschallwellen sind mechanische Schwingungen mit einer Frequenz von mehr als 20 000 Hz. Vom menschlichen Ohr sind diese Wellen nicht mehr wahrnehmbar. In der medizinischen Diagnostik wird aus diesem Frequenzspektrum nur der Bereich von 2 bis 7 MHz angewandt.
Eine Schallwelle ist charakterisiert durch die Frequenz (f), die Schallgeschwindigkeit (v) und die Wellenlänge (λ). Es gilt die Formel: $v = \lambda \cdot f$, Die Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Geweben ist abhängig von der Dichte und den elastischen Eigenschaften des jeweiligen Gewebes. Bei einer mittleren Schallgeschwindigkeit im menschlichen Körper von 1 550 m/sec. lassen sich Wellenlängen von 0,775 mm bei 2 MHz und 0,225 mm bei 6 MHz berechnen. Je größer die Frequenz desto kleiner also die Wellenlänge.

Die Ultraschallwellen gehorchen den Gesetzen der geometrischen Optik: Als Longitudinalwellen erfahren sie entsprechend bestimmter Gesetzmäßigkeiten Veränderungen durch Reflexion, Beugung, Brechung, Streuung und Absorption.
Die organdarstellenden Ultraschallverfahren beruhen auf dem Prinzip der Impulsechogebung: Schallwellen werden als kurze Impulse (Dauer 1 bis 100 sec.) in schneller Folge (100 bis 1 000 Hz) vom Schallkopf (Transducer) in den Körper gesandt und reflektierte Schallwellen wiederum vom Schallkopf empfangen. Als akustisches Verfahren registriert die Sonographie hierbei Impedanzunterschiede, wobei man unter Impedanz oder Schallwellenwiderstand das Produkt aus Dichte des durchschallten Mediums und Schallgeschwindigkeit versteht. An Grenzflächen unterschiedlicher Impedanz, die nicht unbedingt den anatomischen Grenzen entsprechen müssen, wird ein minimaler Teil der Schallwellen reflektiert und , vom Schallkopf aufgenommen, unter Verarbeitung des Signals zum sono-

graphischen Bild aufgebaut. Bereits geringe Unterschiede akustischer Impedanzen genügen, um Gewebe mit nur gering unterschiedlichen Dichten von 1 % voneinander abzugrenzen. Andererseits können in Geweben gleicher Dichte verschiedene Binnenechos entstehen, wenn nur die Schallausbreitungsgeschwindigkeit unterschiedlich ist. Beim Durchdringen des Körpers erfahren die Schallwellen einen im wesentlichen durch Absorption bedingten fortlaufenden Intensitätsverlust. Dieser wird durch Verstärkung der in größerer Distanz schwächer werdenden Echos mittels des sogenannten Tiefenausgleichs elektronisch ausgeglichen, um Echos gleicher Echointensität darzustellen. Die Absorption ist abhängig von der Frequenz, der Geschwindigkeit und der Gewebeart. Je höher die Frequenz, desto größer ist die Absorption. Ist die Absorption in einem Gewebe, z.B. Knochen, so groß, daß die Ultraschallwelle diese Struktur nicht mehr durchdringen kann, entsteht hinter diesem Gewebe ein Schallschatten. Man findet ihn bei Knochen, bei vielen Gallensteinen, aber auch bei Luft.Flüssigkeitsansammlungen im Gewebe (z.B. Zysten oder ein Harnstau in den ableitenden Harnwegen) verursachen typische sonographische Bilder: auch mit größerer Verstärkung oder mit höherer Frequenz erscheinen diese immer als echofreie Areale. Die Hinterwand eines Gewebes sowie das angrenzende Gewebe wird von starken Echos überlagert, dies wird als distale Schallverstärkung bezeichnet.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Ultraschallverfahren:

1) Das eindimensionale Verfahren (A-Scan), bei dem auf einer Zeitamplitudengraphik ein Echo aufgezeigt wird, dessen Intensität durch die Höhe der Amplitude wiedergegeben wird. Da das Ultraschallgerät mit einer mittleren Schallgeschwindigkeit von 1 550 m/sec arbeitet, kann die Zeit auf der Abszisse direkt in eine Entfernung übertragen werden.

2) Das zweidimensionale Verfahren (B-Scan), bei dem die Echos als Lichtpunkte verschiedener Intensität wiedergegeben werden.
   a) Compound Scan: Durch die manuelle Bewegung des Schallkopfes mit Hilfe einer Schnittbildmechanik wird ein statisches Bild aufgebaut und gespeichert.
   b) Real-Time Scan: Abtastung erfolgt durch Rotation eines Schallkopfes oder durch einen Vielfachschallkopf. (aus 6,12,30,40)

1.4.0 SONOGRAPHIE DER NIERE

Seit der erstmaligen Anwendung des Ultraschallverfahrens in der nephrologisch-urologischen Diagnostik durch HOLMS 1954 (44) entwickelte sich die Nephrosonographie zu einer allgemein anerkannten Methode.
Durch die zunehmend feinere Grauwertabstufung der modernen Ultraschallgeräte gelingt mittlerweile eine detaillierte Darstellung der intrarenalen Strukturen, die zuvor in vivo nicht möglich war.
Innerhalb des Nierenparenchyms ermöglicht die Sonographie eine Identifikation von Cortex, Medulla und Vasa Arcuata sowie eine Darstellung von Gefäßen und, bei richtiger Schnittführung, auch von Teilen des Nierenbeckens (insbesondere beim ampullären Nierenbecken) innerhalb des Nierenhilus.

1.4.1 Normalbefund der Niere im Ultraschall

Die Nieren messen im Längsdurchmesser je nach Alter und Körpergröße zwischen 9 und 13 cm, im Querschnitt 4 bis 5 cm. Ihre Oberfläche ist normalerweise glatt konturiert. Die Nierenparenchymbreite sollte mindestens 1 cm betragen, der sogenannte Parenchym-Pyelon-Index (Verhältnis von Nierenparenchymbreite zu Nierensinusbreite) liegt im Mittel bei 1,6.

Sonographisch lassen sich abgrenzen:

- die echodichte Nierenkapsel
- das echoarme Nierenparenchym
- der echodichte Nierensinus

Das Nierenparenchym stellt sich in der Regel homogen und im Vergleich zum Leberparenchym echoarm dar. Innerhalb des Nierenparenchyms läßt sich die stärker reflektierende Rinde mit den Bertinischen Säulen gegen das weniger reflektierende Nierenmark mit den Pyramiden abgrenzen. An der Pyramidenbasis kommen die Vasa Arcuata als punktförmige Reflexe zur Darstellung. Die Distanz von Vasa Arcuata zur Nierenkapsel entspricht der Cortexbreite. Der Nierensinus erscheint als echodichtes Band, obwohl aufgrund des Flüssigkeitsgehaltes echofreie Areale zu erwarten wären. Die im Nierensinus gelegenen bindegewebigen Strukturen wie Kelch, Becken, Fett und ein dichtes Gefäßnetz erzeugen jedoch derart starke Reflexe, daß die flüssigkeitsgefüllten , echofreien Hohlräume überstrahlt werden, und der Nierensinus als echodichtes Band imponiert.

Zur optimalen Darstellung der Niere gelten folgende Kriterien (35):

1) Transducer mit der höchstmöglichen Frequenz, die die Niere in jeder Projektion genau abzubilden vermag
2) Schnitte
   a) durch die Leber als Schallfenster für die rechte Niere von ventral und lateral
   b) der linken Niere von lateral und dorsal (kein Schallfenster)
3) Aufnahme in Inspirationsstellung
4) Angemessene Intensität für das jeweilig benutzte Gerät und den zu untersuchenden Patienten
   - hoch genug, um die Rinde abzubilden
   - niedrig genug, um das Mark nicht abzudunkeln

1.4.2 Die Harnstauungsniere im Sonogramm

Je nach Ausprägung des Harnstaues finden sich im Sonogramm folgende Befunde (4,34,36,38):

geringgradige Harnstauung 'mild' in der angloamerikanischen Literatur	echofreie, rundliche, konfluierende Areale, Längsspreizung des zentralen Reflexbandes
mäßiggradige Harnstauung	große echofreie, rundliche Areale (Kalices) mit zentralem Nierenbekken, Parenchym fakultativ verschmälert
ausgeprägte Harnstauungsniere = Hydronephrose	a) septierte Form: große, aneinandergrenzende Areale b) Sackform: großer, echofreier, runder Bezirk (extrem dilatiertes Nierenbecken mit randständigen, komprimierten Kelchen) a) und b) Parenchym verschmälert

Der mit der herkömmlichen Technik im Normalfall nicht darzustellende Ureter läßt sich im dilaterierten Zustand im Koronarschnitt sonographisch als kaudalwärts ziehendes echofreies Band darstellen. Bei einer Erweiterung des Nierenvenensystems besteht die Möglichkeit einer Verwechslung mit dem Harnleiter. Die Nierenvene zieht allerdings im Gegensatz zum Ureter mehr nach kranial (4).

1.5.0 FRAGESTELLUNG

Bei der Auswertung eigener Ultraschalluntersuchungen der Niere fiel bezüglich der Diagnose 'Harnstauungsniere' eine verhältnismäßig große Zahl an falsch-positiven Befunden auf. Im Sonogramm fanden sich die sonographischen Kriterien einer Harnstauungsniere, während im nachfolgend veranlaßten Urogramm die Niere unauffällig zur Darstellung kam. Auch in der Literatur wird von solchen Befunddiskrepanzen berichtet (29). Diese Beobachtungen waren Anlaß zur vorliegenden Arbeit, in der versucht werden soll, verläßliche Kriterien zur Beurteilung einer Harnstauungsniere bzw. einer Hydronephrose herauszuarbeiten. Diese sollen einerseits eine bessere Abgrenzung von funktionellen Aufweitungen und Normvarianten ermöglichen, und andererseits von Erkrankungen, die zu sonographischen Fehldiagnosen (z.B. parapelvine Zysten, Sinuslipomatose) führen können.

2.0.0 MATERIAL UND METHODE

2.1.0 ROUTINEUNTERSUCHUNG DER NIERE IM ULTRASCHALL

Erfolgt die Untersuchung der Niere im Rahmen einer sonographischen Untersuchung des Abdomens mit einer nicht speziell die Niere betreffenden Fragestellung, so wird die Untersuchung üblicherweise am nüchternen Patienten durchgeführt. Routinemäßig werden die Patienten am Vormittag untersucht. Der Patient hat am Vorabend eine nicht blähende Mahlzeit erhalten, auch Flüssigkeit sollte er nicht mehr zu sich genommen haben.
Bei einer die Niere betreffenden Fragestellung ist eine gesonderte Vorbereitung des Patienten nicht erforderlich.

In unserer Abteilung werden die Routineuntersuchungen mit einem Real-Time Gerät der Marke Kretz Combison 100 (Schallkopf der Frequenz 2,25 MHz) am Patienten in Rükkenlage durchgeführt. Es werden Längs- und Querschnitte in kontinuierlicher Schnittfolge angefertigt. Die Untersuchung der rechten Niere erfolgt von ventral, wobei die Leber als akustisches Fenster dient, und von lateral. Die linke Niere läßt sich von ventral infolge Darmgasüberlagerung nicht darstellen, und wird demzufolge von lateral untersucht. Falls erforderlich, kann eine zusätzliche Untersuchung von dorsal erfolgen.
Zur besseren Beurteilung des kranialen Nierenpoles wird in tiefer Inspiration untersucht, was gleichzeitig eine Beurteilung der Organbeweglichkeit erlaubt. Sollte unter vorgenannten Darstellungsverfahren noch keine vollständige Abbildung der Nieren erreicht worden sein, erfolgt eine zusätzliche Untersuchung am stehenden Patienten. Dadurch wird bei normalen anatomischen Verhältnissen ein Tiefertreten der Nieren erreicht und der kraniale Pol besser beurteilbar.
Eine weitere, von POCHHAMMER, HOLLSTEIN und Mitarbeitern

(32) entwickelte Methode stellt die Untersuchung in Skolioselagerung dar: Die Autoren gehen von einer besseren Darstellung der Nieren bei möglichst geringem Abstand von Applikator und Niere aus. Dazu sollen die Interkostalräume möglichst weit sein, um die schallgebenden Rippen zu umgehen sowie der Abstand von Rippenbogen und Darmbeinkamm möglichst groß .
Der Patient liegt seitlich auf einem unter seiner Flanke befindlichen Kissen oder auf der von LUTZ entwickelten Sonographieliege, bei der das Mittelteil angehoben ist. Die Führung des Schallkopfes erfolgt von dorsalaterokranial nach ventrolaterokaudal, etwa 20 bis 30 Grad nach medial angewinkelt (Flankenschnitt).
Insbesondere die linke Niere läßt sich mit dieser Methode erfassen. Hierbei stellt sich der obere Nierenpol weitgehend ohne störende Rippenanteile oder Lungenteile dar, der untere Nierenpol ist nicht von Kolonluft überlagert. Bei verbreitertem Abstand zwischen Rippenbogen und Darmbeinkamm läßt sich der Applikator auch wesentlich besser aufsetzen.

2.2.0 STANDARDBEDINGUNGEN IM VERSUCH

Vor jeder Untersuchung wurden folgende Daten des Patienten bzw. der Versuchsperson dokumentiert, um eine Ausgangsbasis für Vergleichsstudien zu erhalten:

1) Alter
2) Geschlecht
3) Anamnese unter Berücksichtigung nierenspezifischer Vorerkrankungen
4) Hydrationszustand, i.e. Zeitpunkt der letzten Flüssigkeitsaufnahme vor Untersuchung sowie Art und Menge des Getränkes (Kaffee, Tee, Wasser, Fruchtsaft etc.)
5) Aktuelle Medikation, insbesondere Frage nach Diuretika

UNTERSUCHUNGSGANG

Die Untersuchung erfolgte am liegenden Patienten in Rükkenlage.
Zur Dokumentation wurden Polaroid bzw. Multiformat-Aufnahmen angefertigt.
Nacheinander wurden folgende Ebenen dargestellt und dokumentiert:

I. RECHTE NIERE	ventral	Längsschnitt Querschnitt
	lateral	Längsschnitt = Koronarschnitt Querschnitt
II. LINKE NIERE	lateral	Längsschnitt = Koronarschnitt Querschnitt

Der von uns gewählte Untersuchungsgang umfaßt routinemäßig die ventrale Darstellung der rechten Niere und die laterale Darstellung beider Nieren im Längsschnitt, letzteres entspricht dem Koronarschnitt.

Hierzu wird der leicht nach kaudo-ventral geneigte Schallkopf in der Axillarlinie angelegt und die Nierenlängsachse dargestellt. Die Niere wird von lateral nach medial abgebildet. Bei dilatiertem NBKS läßt sich im Koronarschnitt der Zusammenfluß von Nierenkelchen zum Nierenbecken und der Übergang zum Ureter sonographisch darstellen (s. Abb.1).
Gelang mit den bisher angefertigten Schnitten noch keine vollständige Darstellung der Nieren, wurden zusätzlich durchgeführt:

- Untersuchung im Stehen
- Untersuchung in Skolioselagerung

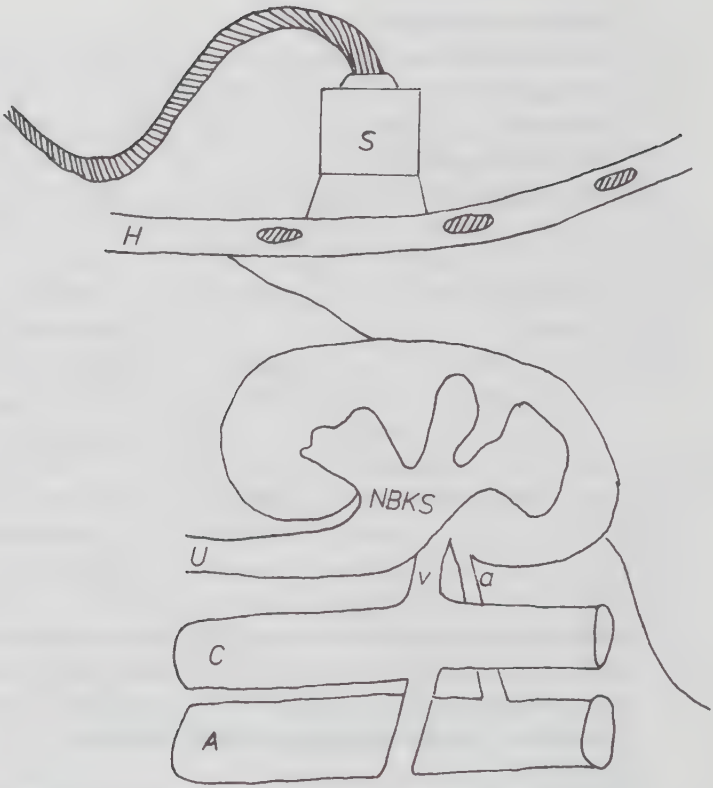


Abb. 1: KORONARSCHNITT

Nur mit einem Longitudinalschnitt von lateral kann der eine Harnstauungsniere beweisende Zusammenfluß der einzelnen geweiteten Kelche in differentialdiagnostischer Abgrenzung zu polyzystischen Nierenprozessen dargestellt werden.

S (SCHALLKOPF) H (HAUT) U (URETER)
C (VENA CAVA) A (AORTA) v (Vena renalis)
a (Art. renalis)

Abb. 2a: Rechte normale Niere im Längsschnitt von ventral: durchgehender Parenchymsaum

Abb. 2b: Rechte normale Niere im Koronarschnitt (s.Abb.1): Parenchym im Nierenhilus unterbrochen
3 Parenchym 4 Sinusreflex
5 Pyramide

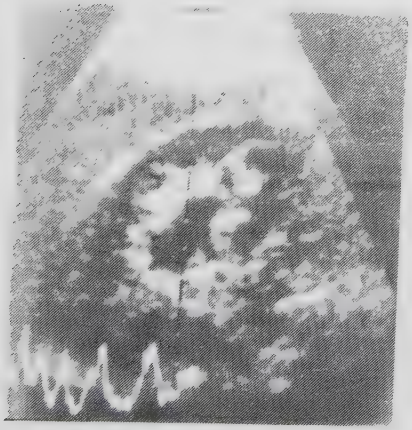


Abb. 3a: Obstruktive Harnstauungsniere rechts von ventral: Längsspreizung des zentralen Reflexbandes

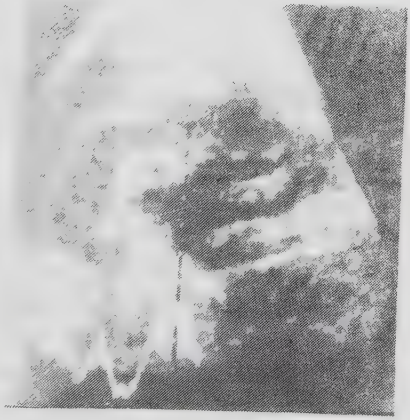


Abb. 3b: Gleiche Niere im Koronarschnitt: Echofreie Areale (Kelche), die zum Nierenbecken konfluieren und Darstellung des prästenotisch dilatierten proximalen Ureters

2.3.0 MESSMETHODE

Zur Ausmessung der dilatierten Kelche wählten wir folgende Methode:
Das dokumentierte Sonogramm - Polaroid oder Multiformat - wurde im Epidiaskop vergrößert und das Lumen des maximal geweiteten Kelches mit einem maßstabgetreu angefertigten Lineal ausgemessen.

2.4.0 DIE HARNSTAUUNGSNIERE IM VERGLEICH VON SONOGRAMM UND UROGRAMM

2.4.1 Bewertung des Urogramms

Im Urogramm wurde eine Harnstauungsniere nach folgenden Kriterien diagnostiziert:

- Verplumpung der Kelche - 'Keulenkelche'
- Ausscheidungsverzögerung der betroffenen Niere
- Spätaufnahme: Erweiterung des Pyelons
- evtl. Hutter'sches Psoasrandphänomen
- prästenotische Ureterdilatation
- Parenchymverschmälerung bei fortgeschrittenen degenerativen Veränderungen - Hydronephrose

2.4.2 Retrospektiver Teil

Es erfolgte die Auswertung aller sonographisch diagnostizierten Harnstauungsnieren vom Beginn der Dokumentation in dieser Abteilung (1978) bis zum Beginn dieser Untersuchung (Juli 1982) hinsichtlich ihrer Diagnosegenauigkeit. Ausgewertet wurden diejenigen Befunde, bei denen zur Diagnosesicherung ein Urogramm vorlag. Berücksichtigt wurden nur solche Untersuchungen, die im Abstand von einer Woche zum Sonogramm angefertigt wurden. Die ursprünglich vorgesehenen Kelchmessungen im Sonogramm waren aufgrund der noch nicht standardisierten Untersuchungsgänge in diesem Zeitraum nicht möglich.

2.4.3 Prospektive Studie

Ausgewertet wurden alle Harnstauungsnieren, die zwischen August 1982 und Juli 1983 unter vorgenannten Standardbedingungen in dieser Abteilung diagnostiziert wurden.

TEIL A
umfaßt alle Vorgänge, bei denen ein Urogramm zum Vergleich vorliegt. Urogramme, die im Abstand von mehr als $\pm$ 1 Woche zum Sonogramm angefertigt wurden, wurden in die Auswertung nicht miteinbezogen.

Die Auswertung erfolgte nach folgenden Kriterien:
- Genauigkeit der sonographischen Diagnose
- Kelchweite im Sonogramm
- Darstellung des proximalen Ureters (ist diese sonographisch möglich?)

TEIL B
umfaßt alle sonographisch diagnostizierten Harnstauungsnieren, bei denen keine Folgeuntersuchungen zur Diagnosesicherung durchgeführt werden konnten. Hier wurden nur diejenigen Befunde ausgewertet, bei denen die Diagnose entweder zu einem früheren Zeitpunkt gestellt worden war oder aufgrund der sonographischen Befunde in Kombination mit den klinischen Daten als gesichert gelten konnte.

Die Auswertung erfolgte hinsichtlich:
- der Kelchweiten im Sonogramm
- der Darstellung des Ureters im Sonogramm

2.5.0 NEPHROSONOGRAMM UNTER STANDARDBEDINGUNGEN WÄHREND EINES INFUSIONSUROGRAMMS (OSMOTISCHE DIURESE)

Bei der intravenösen Applikation eines der gebräuchlichen Kontrastmittel zur Anfertigung eines Ausscheidungsurogramms wird das Kontrastmittel in der Niere glomulär filtriert und mit dem Urin ausgeschieden. Die Konzentra-

tion des KM im Primärharn gleicht der im Plasma. Durch die tubuläre Wasserrückresorption nimmt die Kontrastmittelkonzentration aber zu, bis die dadurch steigende Osmolalität eine weitere Wasserrückresorption verhindert. Das Kontrastmittel wirkt also als osmotisches Diuretikum.
Die Auswirkung der osmotischen Diurese auf die ableitenden Harnwege wurde sonographisch dargestellt, und die erwartete Distension des NBKS ausgewertet.

Während der radiologischen Untersuchung führten wir unter den zuvor beschriebenen Standardbedingungen im Abstand von 5 Minuten eine sonographische Untersuchung beider Nieren durch. Aufnahmen unter Kompression wurden nicht in die Auswertung miteinbezogen.

Ausgewertet wurden 10 Untersuchungsgänge, bei denen ein unauffälliges Urogramm vorlag, unter folgenden Gesichtspunkten:

- Kelchweite
- sonographisches Muster der NBKS-Dilatation
- kann der proximale Ureter dargestellt werden?
- ab welchem Zeitpunkt p.i. erfolgt die Aufweitung des NBKS?

2.6.0 NEPHROSONOGRAMM UNTER STANDARDBEDINGUNGEN WÄHREND ORALER FLÜSSIGKEITSZUFUHR

In dieser Untersuchungsreihe untersuchten wir 20 freiwillige nierengesunde Probanden im Alter von 20 bis 42 Jahren, davon 12 weiblichen und 8 männlichen Geschlechts.

2.6.1 Untersuchungsgang A: Zufuhr eines nicht-diuretisch wirksamen Getränks (Wasserdiurese)

Die Probanden tranken nach vorheriger Flüssigkeitskarenz von mindestens 4 Stunden und unmittelbar vorangegangener

Miktion Wasser oder Orangensaft (nach Wunsch).

Im ersten Untersuchungsgang tranken die Probanden 500 ml Flüssigkeit innerhalb von 15 Minuten. In 10-Minutenabständen nach einer Erstuntersuchung vor Trinkbeginn wurden nach unseren Standardbedingungen sonographische Schnitte beider Nieren angefertigt. Die letzte sonographische Untersuchung erfolgte kurz vor Miktion. Konnte 90 Minuten nach Trinkbeginn keine Aufweitung des NBKS beobachtet werden, wurde in 100 ml Portionen weiter Flüssigkeit zugeführt. Eine letzte Untersuchung erfolgte 180 Minuten ach Untersuchungsbeginn.

In einem zweiten Untersuchungsgang - nicht am gleichen Tag - wurde bei 18 Probanden die sonographische Nierenuntersuchung nach Zufuhr von 300 ml unter gleichen Bedingungen wie im ersten Durchgang durchgeführt. Ausgenommen waren die beiden Probanden, bei denen nach Zufuhr von 500 ml keine Aufweitung erfolgt war.

2.6.2 Untersuchungsgang B: Zufuhr eines diuretisch wirksamen Getränks (Koffeindiurese)

Statt Wasser oder Orangensaft erhielten die Probanden zu dieser Untersuchung Kaffee (n=18), Bier(n=1) oder Tee (n=1).
Im ersten Untersuchungsgang tranken die Probanden 400 ml Flüssigkeit innerhalb von 15 Minuten, im zweiten Untersuchungsgang zu einem anderen Termin 200 ml. Wie in A wurden anschließend in Abständen von 10 Minuten sonographische Untersuchungen beider Nieren durchgeführt.

2.6.3 Untersuchungsgang C: Einnahme eines pharmakologischen Diuretikums (40 mg Furosemid)

Nach Vorliegen positiver Ergebnisse der vorangegangenen Untersuchungsreihen entschlossen wir uns zu einer er-

gänzenden sonographischen Untersuchung von praktischer Relevanz nach oraler Applikation eines pharmakologischen Diuretikums. Dabei gingen wir von der Überlegung aus, daß ein Teil der Untersuchten im diagnostischen Routinebetrieb - vor allem ältere Patienten - ein Diuretikum als Langzeitmedikation erhalten, welches üblicherweise morgens, also vor der sonographischen Untersuchung eingenommen wird.

Zu dieser Untersuchung waren von den bisher untersuchten fünf bereit. Eine vollständige Untersuchungsreihe konnte nicht durchgeführt werden, dennoch kommt dem Ergebnis eine deutliche Aussagekraft zu.

Der Wirkungseintritt von Furosemid oral erfolgt ungefähr 30 bis 60 Minuten nach oraler Applikation. Mit einem Wirkungsmaximum ist 30 bis 60 Minuten nach Wirkungseintritt zu rechnen (19). Folglich begannen wir 20 Minuten nach Einnahme des Medikamentes mit der sonographischen Untersuchung der Nieren unter den üblichen Standardbedingungen. In 10-Minuten-Intervallen wurden weitere sonographische Untersuchungen durchgeführt bis zur Miktion, spätestens aber bis 90 Minuten nach Untersuchungsbeginn.

2.6.4 Auswertung

Alle Untersuchungsgänge wurden nach folgenden Kriterien ausgewertet:

- sonographisches Muster der NBKS-Aufweitung
- initiale Kelchweite
- kann der proximale Ureter sonographisch dargestellt werden?
- nach welcher Trinkmenge erfolgte eine Aufweitung?
- nach welcher Zeit seit Untersuchungsbeginn erfolgt eine Aufweitung?

3.0.0 ERGEBNISSE

3.1.0 KORRELATION VON SONOGRAMM UND UROGRAMM

3.1.1 Retrospektiver Teil

Es wurden die Sonogramme von 18 Patienten im Alter von 27 bis 80 Jahren hinsichtlich der Genauigkeit der sonographischen Diagnose im Vergleich zum Urogramm ausgewertet.

Zahl der Patienten	n = 18
Gesamtzahl der Harnstauungsnieren im Sonogramm	n = 21
Gesamtzahl der Harnstauungsnieren im Urogramm	n = 15
Richtigdiagnosen Sonogramm: Harnstauungsniere Urogramm: Harnstauungsniere	n = 14
falsch-positive Diagnosen Sonogramm: Harnstauungsniere Urogramm: keine Harnstauungsniere	n = 6
falsch-negative Diagnosen Sonogramm: keine Harnstauungsniere Urogramm: Harnstauungsniere	n = 1
Dies ergibt eine Sensitivität von d.h. sonographisch wurden von 15 Harnstauungsnieren 14 richtig erkannt.	93 %
Falsch-positiv-Rate	28 %

3.1.2 Prospektive Studie

TEIL A

Im Zeitraum von August 1982 bis Juli 1983 wurden 26 Patienten im Alter von 31 bis 83 Jahren sonographisch untersucht, bei denen ein Urogramm zur Diagnosesicherung vorlag. Insgesamt wurden 30 pathologisch veränderte Nieren, die sonographisch als Harnstauungsniere bzw. Hydronephrose befundet wurden, analysiert.

Zahl der untersuchten Patienten	n = 26
Gesamtzahl der Harnstauungsnieren im Sonogramm	n = 30
Gesamtzahl der Harnstauungsnieren im Urogramm	n = 28
Richtigdiagnosen Sonogramm: Harnstauungsniere Urogramm: Harnstauungsniere	n = 28
falsch-positive Diagnosen Sonogramm: Harnstauungsniere Urogramm: keine Harnstauungsniere	n = 2
falsch-negative Diagnosen Sonogramm: keine Harnstauungsniere Urogramm: Harnstauungsniere	n = 0
Dies ergibt eine Sensitivität von d.h. sonographisch wurden von 28 Harnstauungsnieren alle richtig erkannt.	100 %
Falsch-positiv-Rate	6,6 %

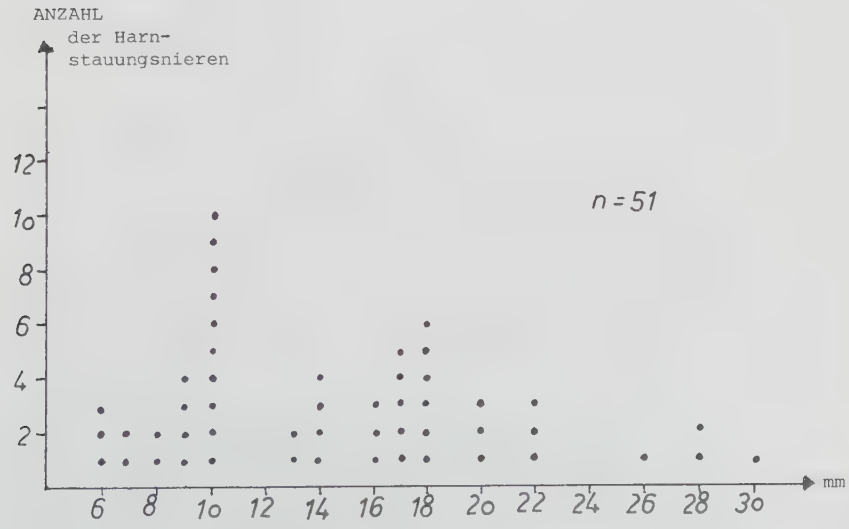
KELCHWEITE

PROSPEKTIVER TEIL A

Von den 28 sonographisch richtigdiagnostizierten Harnstauungsnieren betrugen die ausgemessenen Kelchweiten mindestens 6 mm (bei einer Niere) und maximal 20 mm (ebenfalls bei einer Niere). Die Mehrzahl der Kelchweiten lag im Meßbereich von 9 bis 15 mm.
Die mittlere Kelchweite betrug 10,5 mm.

PROSPEKTIVER TEIL B

Bei den insgesamt 23 sonographisch als eindeutig pathologisch veränderten Harnstauungsnieren diagnostizierten Befunden lagen die Kelchweiten mit minimal 10 mm bis maximal 28 mm deutlich höher als die Messungen in Teil A. Dies läßt sich dadurch erklären, daß in diesem Teil nur eindeutig pathologische Befunde ausgewertet wurden.
Die mittlere Kelchweite lag bei 17,4 mm.



Tab. 4: Verteilung der Kelchweiten von Grad I Harnstauungsnieren (6 mm - 10 mm), Grad II Harnstauungsnieren (11 mm - 15 mm) und Grad III Harnstauungsnieren (≙ Hydronephrosen) (> 16 mm)

3.1.3 Ureterendarstellung

TEIL A UND B

KELCHWEITE	URETER DARGESTELLT		GESAMTZAHL
	JA	NEIN	n = 51
5 - 6 mm		3	3
7 - 8 mm	2	2	4
9 - 10 mm	14		14
11 - 12 mm	6		6
13 - 14 mm	2		2
15 - 16 mm	11		11
17 - 18 mm	3		3
19 - 20 mm	3		3
> 20 mm	5		5
GESAMT:	46	5	51

Tab. 5

3.1.4 Zusammenfassung A und B

Gesamtzahl der untersuchten Nieren n = 53

Gesamtzahl der als Harnstauungsnieren definierten Befunde n = 51

Fehldiagnosen n = 2
- parapelvine Zyste n = 1
- unauffälliges Urogramm n = 1

Von diesen insgesamt 51 Harnstauungsnieren konnte in 46 Fällen der proximale Ureter dargestellt werden (s. Tab.5) In den 5 Fällen, in denen der Ureter nicht darstellbar war, lagen die Kelchweiten im Meßbereich von 6 bis 8 mm. Sonographisch wurden diese Befunde als Hydrokalix (n = 1),

geringgradige Harnstauung (n = 3) und leichte Ektasie des NBKS beschrieben.

3.2.0 SONOGRAMM NACH ORALER FLÜSSIGKEITSZUFUHR

3.2.1 A : Wasserdiurese

a) ZUFUHR VON 500 ml

Eine Aufweitung war sonographisch bei 18 von 20 Probanden zu beobachten (beidseitig).

Der früheste Zeitpunkt, zu dem eine Dilatation erfolgte, war 45 Minuten nach Untersuchungsbeginn. Spätestens 70 Minuten nach Beginn war bei 18 Probanden eine Aufweitung zu beobachten.

Die initialen Kelchweiten lagen zwischen 5 mm (n = 5) und maximal 8 mm (n = 2) bei insgesamt 36 ausgemessenen Nieren.

Die maximalen Kelchweiten lagen zwischen 7 mm (n = 2) und 10 mm (n = 2)

Der proximale Ureter war in allen Fällen sonographisch nicht darzustellen.

b) ZUFUHR VON 300 ml

Bei 18 von 20 Probanden war auch nach 300 ml eine NBKS-Dilatation sonographisch sichtbar.

Der früheste Zeitpunkt einer Aufweitung war 70 Minuten nach Trinkbeginn (n = 8). 90 Minuten nach Beginn war bei 18 Probanden eine Aufweitung erfolgt.

Die initialen Kelchweiten lagen zwischen 5 mm (n = 7) und 8 mm (n = 3) bei insgesamt 36 Nieren.

Die maximalen Kelchweiten lagen zwischen 6 mm (n = 1) und 9 mm (n = 1).

Der proximale Ureter war sonographisch in keinem der Fälle sichtbar.

c) VARIABLE FLÜSSIGKEITSMENGE

Bei zwei Probanden war nach Zufuhr von 500 ml Flüssigkeit keine NBKS-Dilatation zu verzeichnen, so daß bei beiden eine Gesamtmenge von 1 000 ml zugeführt werden mußte. Bei VP 1 konnte auch noch 180 Minuten nach Trinkbeginn keine Aufweitung verzeichnet werden. Bei VP 2 war nach Gesamtzufuhr von 1 000 ml Flüssigkeit 120 Minuten nach Untersuchungsbeginn eine geringfügige Aufweitung mit einer Kelchweite von 5 mm bds. zu verzeichnen.

ZUSAMMENFASSUNG

ZEITPUNKT

Erwartungsgemäß setzte eine Dilatation des meßbaren NBKS nach Zufuhr von 500 ml Flüssigkeit (45 Minuten) früher ein als nach 300 ml (70 Minuten)(s.Abb.1 und 2).

MAXIMALE KELCHWEITE

300 ml: min. 5 mm
max. 9 mm mittlere Kelchweite: 7,41 mm

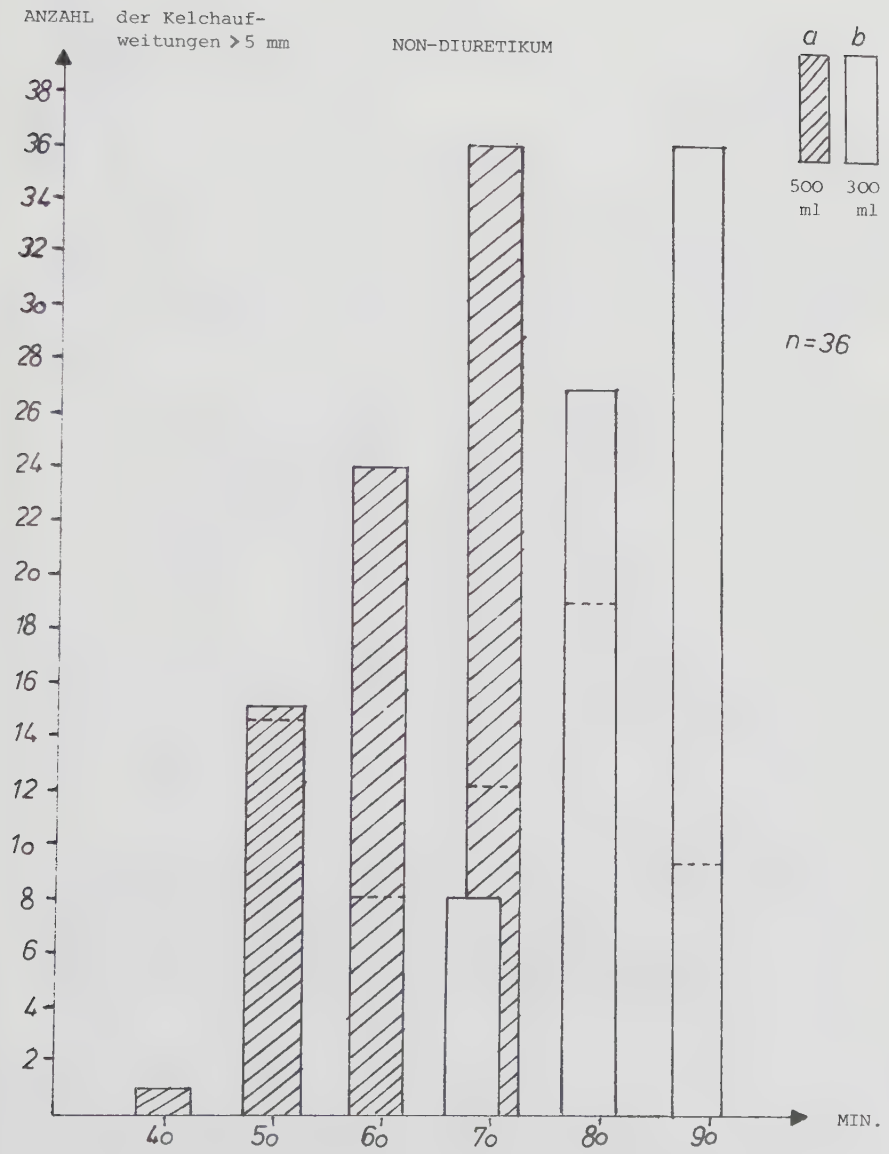
500 ml: min. 7 mm
max.10 mm mittlere Kelchweite: 7,81 mm

ECHOMUSTER

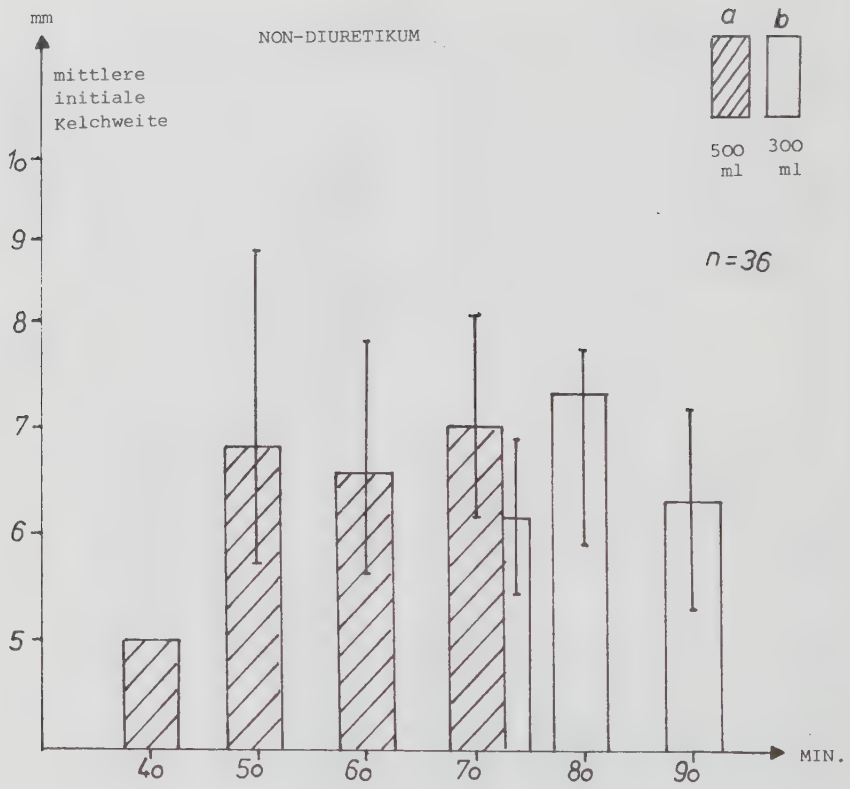
Echofreie konfluierende Areale mit einer Kelchweite von 5 bis 10 mm.
'handförmige Aufweitung'

URETER

In beiden Untersuchungsgängen war ein Ureter nicht darstellbar.



Tab. 6: Vergleich der Häufigkeit der Kelchaufweitungen nach Zufuhr von 500 ml nicht-diuretisch wirksamer Flüssigkeit(a) und nach Zufuhr von 300 ml nicht-diuretisch wirksamer Flüssigkeit(b) in Abhängigkeit von der Zeit nach Untersuchungsbeginn.



Tab. 7: Vergleich der mittleren initial-gemessenen Kelchweiten nach Zufuhr von 500 ml nicht-diuretisch wirksamer Flüssigkeit (a) mit den mittleren initial-gemessenen Kelchweiten nach 300 ml (b) in Abhängigkeit von der Zeit nach Untersuchungsbeginn mit Standarddeviation

3.2.2 B: Koffeindiurese

a) ZUFUHR VON 400 ml

Bei 19 Probanden (von 20) konnte sonographisch eine NBKS-Dilatation verzeichnet werden.

Der früheste Zeitpunkt, zu dem eine Aufweitung erfolgte, war in einem Fall bereits 10 Minuten nach Zufuhr der Trinkmenge. Bis auf eine Ausnahme (50 Minuten) erfolgten bei der Mehrzahl der Probanden eine Aufweitung 20 bis 40 Minuten nach Trinken.

Die initialen Kelchweiten lagen zwischen 5 mm (n = 9) und 9 mm (n = 1). Ausgemessen wurden 38 Nieren.

Die maximalen Kelchweiten lagen zwischen 5 mm (n = 2) und 10 mm (n = 5)

Der proximale Ureter konnte sonographisch in einem Fall dargestellt werden.

b) ZUFUHR VON 200 ml

Nach Zufuhr dieser geringeren Flüssigkeitsmenge (Kaffee n = 18, Tee n = 1, Bier n = 1) war ebenfalls bei 19 Probanden eine Dilatation des NBKS sichtbar.

Der früheste Zeitpunkt, zu dem eine Aufweitung beobachtet wurde, war in einem Fall bereits 20 Minuten (derselbe Proband wie ina). Bei einigen Probanden setzte die Aufweitung nach 30 Minuten ein, bei der Mehrzahl war eine Aufweitung 40 Minuten nach Beginn zu verzeichnen. Bei einem Probanden war erst nach 60 Minuten eine Aufweitung darzustellen.

Die initialen Kelchweiten lagen zwischen 5 mm (n = 6) und 8 mm (n = 2).

Die maximalen Kelchweiten lagen zwischen 6 mm (n = 5) und 9 mm (n = 6).

Die Ureteren waren nicht darstellbar.

c) Bei einem Probanden war nach Zufuhr einer Gesamtmenge von 1 000 ml Kaffee erst 90 Minuten nach Beginn eine geringgradige Aufweitung von 6 mm rechts und 5 mm links aufgetreten.

ZUSAMMENFASSUNG

ZEITPUNKT

Der früheste Zeitpunkt, zu dem eine Aufweitung erfolgte, war 10 Minuten nach Zufuhr von 400 ml Kaffee und 20 Minuten nach 200 ml Kaffee, beides bei einem Patienten. Vergleichend läßt sich feststellen, daß nach 400 ml eine Aufweitung früher erfolgte als nach 200 ml.

Die Häufigkeit der beginnenden Aufweitung zu unterschiedlichen Zeitpunkten läßt sich aus Tabelle 8 entnehmen.

MAXIMALE KELCHWEITE

200 ml: min. 5 mm (n=7)
max. 8 mm (n=2) mittlere Kelchweite: 7,34 mm

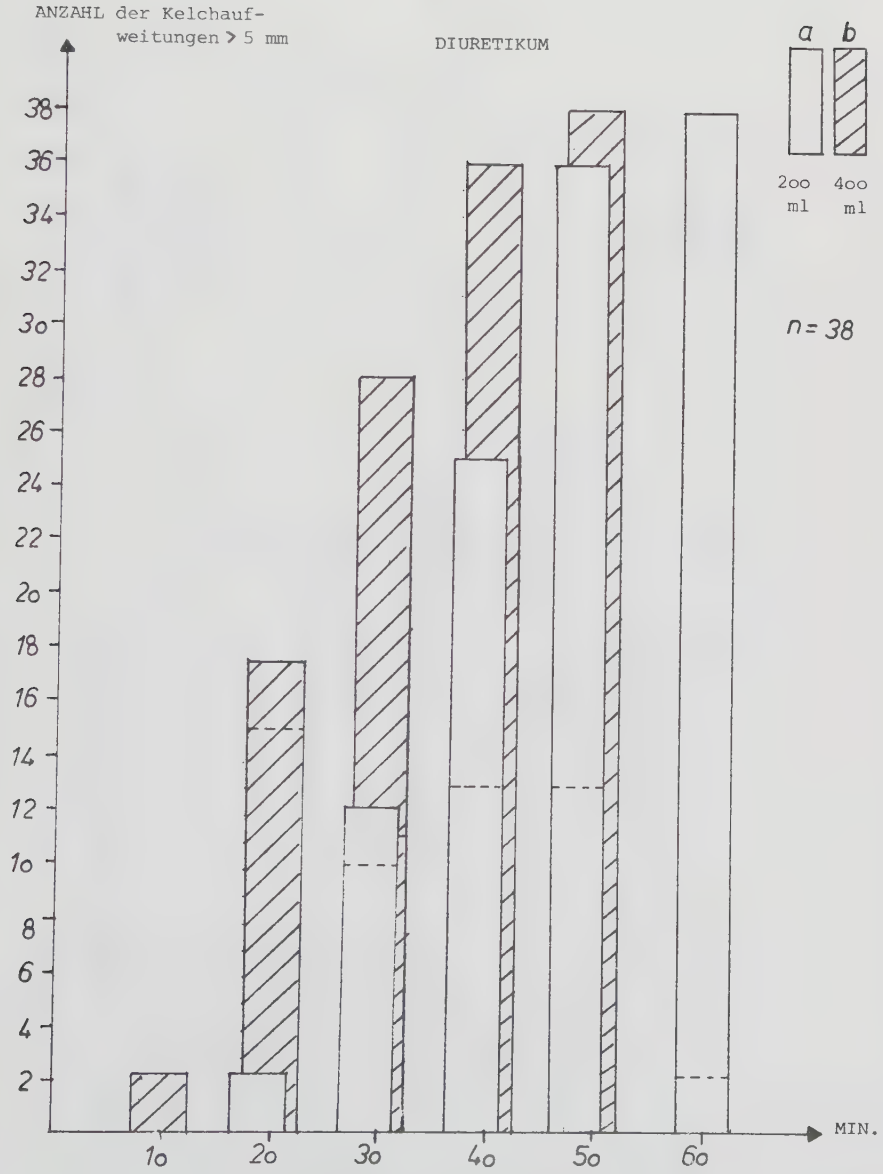
400 ml: min. 5 mm (n=2)
max.10 mm (n=5) mittlere Kelchweite: 8,15 mm

URETEREN

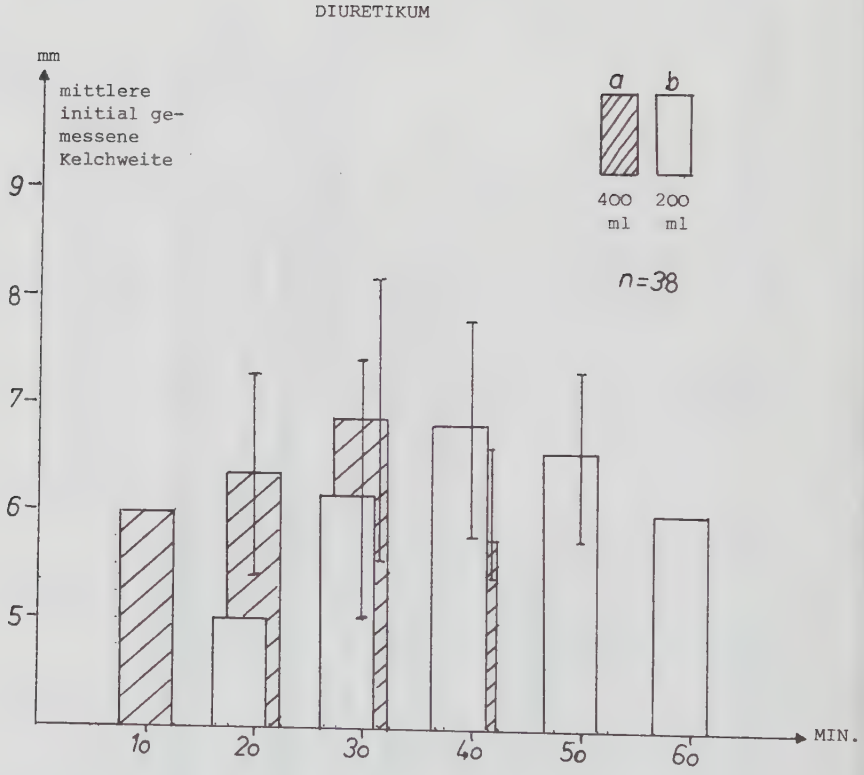
In allen Fällen nicht darstellbar.

ECHOMUSTER

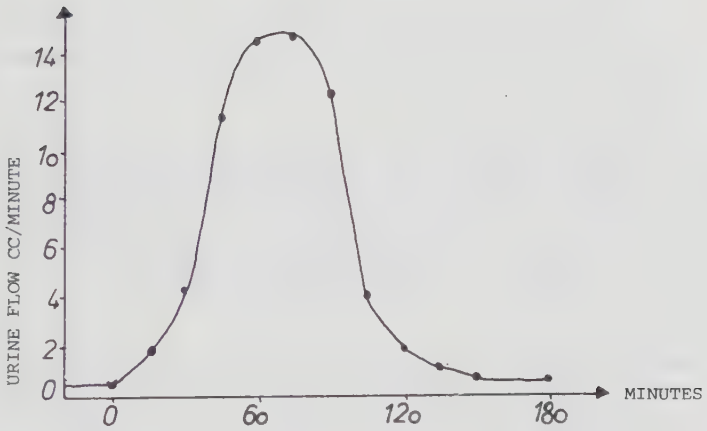
Echofreie konfluierende Areale mit einer Kelchweite von 5 bis 10 mm.
'handförmige Aufweitung'.



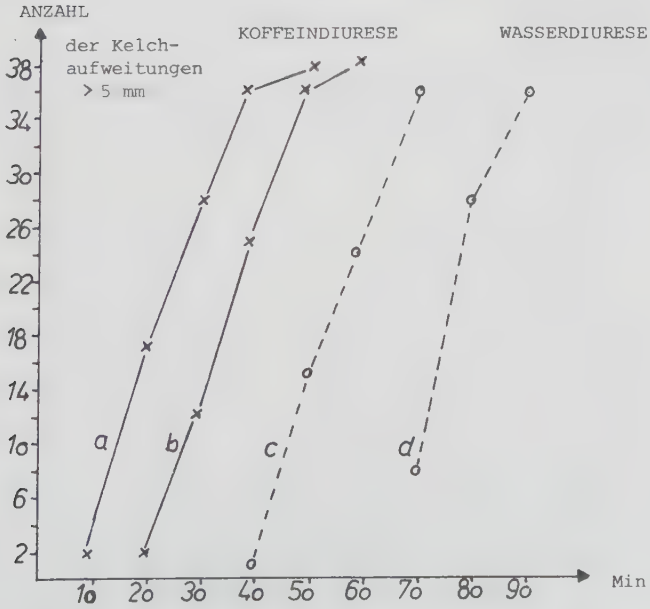
Tab. 8: Vergleich der Häufigkeit der Kelchaufweitungen nach Zufuhr von 200 ml diuretisch wirksamer Flüssigkeit (a) und von 400 ml diuretisch wirksamer Flüssigkeit (b) in Abhängigkeit von der Zeit nach Untersuchungsbeginn.



Tab. 9: Vergleich der mittleren initial-gemessenen Kelchweiten nach Zufuhr von 400 ml diuretisch wirksamer Flüssigkeit(a) mit den initial-gemessenen Kelchweiten nach 200 ml diuretisch wirksamer Flüssigkeit(b) in Abhängigkeit von der Zeit nach Untersuchungsbeginn, mit Standarddeviation



Tab.10: (Nach H.W. SMITH)
Wasserdiurese: Urindurchfluß in cm^3/Minute in Abhängigkeit von der Zeit nach Trinken von 1 000 ml Wasser



Tab. 11: Vergleich der Häufigkeit der initialen Kelchaufweitungen in Abhängigkeit von der Zeit nach Zufuhr von 400 ml (a) und 200 ml (b) diuretisch wirksamer Flüssigkeit und nach Zufuhr von 500 ml (c) und 300 ml (d) nicht-diuretisch wirksamer Flüssigkeit nach Untersuchungsbeginn.

3.3.0 C : FUROSEMID

Bei allen Probanden (n = 5) war nach Einnahme von 40 mg Furosemid eine beidseitige Aufweitung des NBKS sonographisch darzustellen.

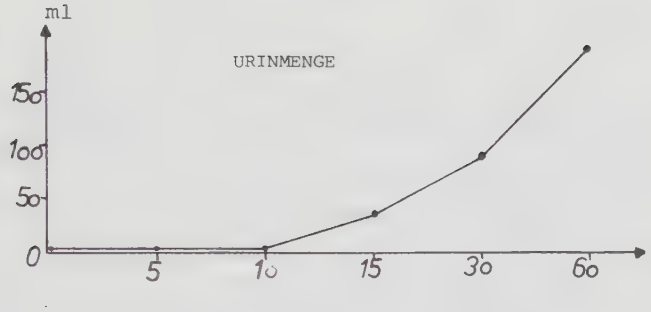
Der früheste Zeitpunkt, zu dem diese Aufweitung beobachtet werden konnte, war 30 Minuten nach Einnahme des Medikaments (n = 2). Spätestens 50 Minuten nach Applikation war bei allen Probanden eine Dilatation des NBKS sichtbar.

Die initialen Kelchweiten lagen zwischen 5 mm und 8 mm.

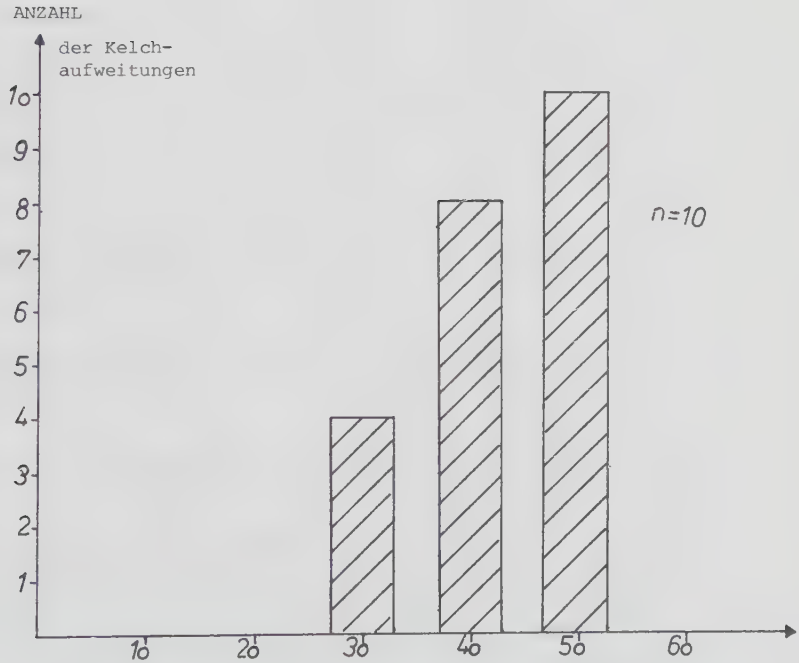
Die maximalen Kelchweiten lagen zwischen 6 mm und 10 mm.

ECHOMUSTER
handförmig angeordnete, echofreie konfluierende Areale.

URETER
Bei 3 von 5 Probanden Darstellung des proximalen Ureters 45 Minuten nach Einnahme des Medikaments.



Tab. 12: Zeitlicher Ablauf der Diurese nach Furosemideinnahme (45)



Tab.13: Häufigkeit der initialen Kelchaufweitungen nach Einnahme von Furosemid in Abhängigkeit von der Zeit nach Applikation des Diuretikums

3.4.0 OSMOTISCHE DIURESE

Gesamtzahl der Patienten	n = 10
Gesamtzahl der untersuchten Nieren	n = 20
Zahl der Nieren, bei denen eine Dilatation des NBKS sonographisch darstellbar war	n = 13
Zahl der Nieren ohne Dilatation	n = 7

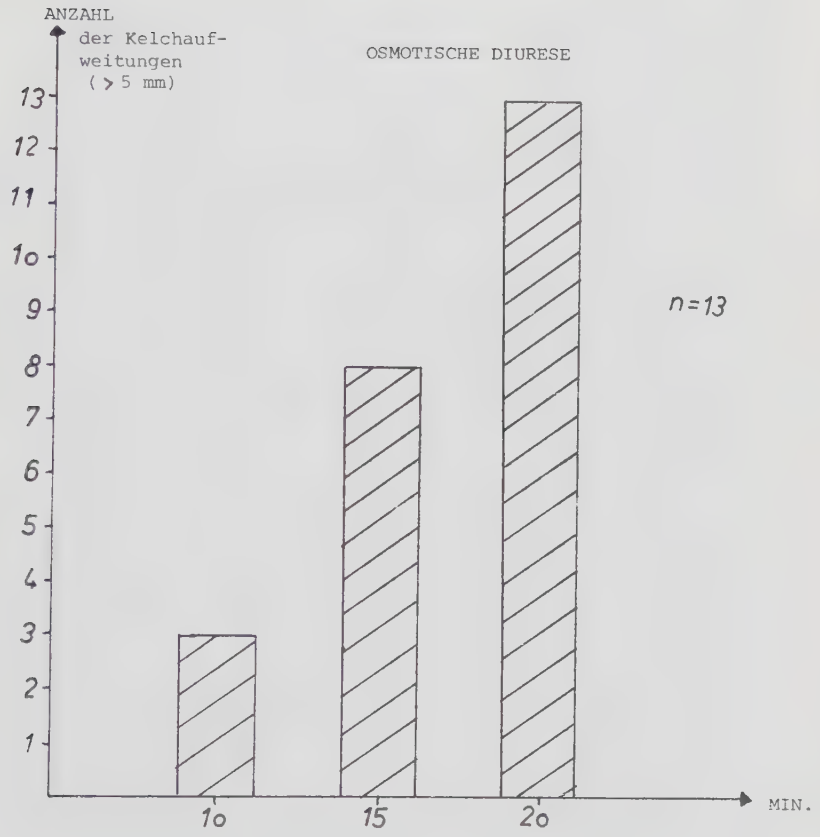
Bei zwei Patienten kam es während der Gesamtzeit der Untersuchung (bis 40 Minuten p.i.) nicht zu einer Dilatation des NBKS. Das Infusionsurogramm ergab in beiden Fällen ein unauffälliges Urogramm mit seitengleicher, zeitgerechter Ausscheidung. Bei einem Patienten lag eine linksseitige konkrementbedingte, urographisch gesicherte Harnstauung vor (Kelchweite 12 mm). Die rechte Niere erweiterte sich während der Untersuchung nicht. Die Kelchweite der linken gestauten Niere veränderte sich unter osmotischer Diurese ebenfalls nicht. Bei einem weiteren Patienten war nur eine einseitige geringgradige Aufweitung der linken Niere (Kelchweite von 5 mm) sichtbar, die rechte Niere war unverändert.

Der früheste Zeitpunkt, zu dem eine NBKS-Dilatation auftrat, war 10 Minuten p.i. (n = 3). Weitere Ergebnisse sind in Tab.14 aufgetragen.

Die initialen Kelchweiten lagen zwischen 5 mm (n = 6) und 8 mm (n = 1).

Die maximalen Kelchweiten während der Untersuchung betrugen 7 mm (n = 4), 9 mm (n = 2), 10 mm (n = 1) und 14 mm (n = 1).

Echomuster
Die echofreien konfluierenden Areale waren 'fingerförmig' konfiguriert.
Die Ureteren waren in allen Fällen sonographisch nicht darzustellen.



Tab. 14: Häufigkeit der initialen Kelchdilatationen während osmotischer Diurese in Abhängigkeit von der Zeit post injectionem

4.0.0 DISKUSSION

4.1.0 DIE KELCHWEITE ALS INDIKATOR DER HARNSTAUUNGSNIERE

Als Indikator der Harnstauungsniere wählten wir die größte Kelchweite. Andere Autoren (13,21,39,41) geben den größten Durchmesser des Nierenbeckens als Parameter der Harnstauungsniere an. Für die Kelchweite als Indikator spricht nach unserer Meinung folgende Überlegung: Die Form des dilatierten Pyelons und das Ausmaß der Aufweitung ist im wesentlichen vom individuell unterschiedlichen anatomischen Bau des Nierenbeckens (z.B. ampullär, trichterförmig, s.1.1) und seiner Lage in Bezug auf das Nierenparenchym (intrarenal, extrarenal) abhängig. Die dilatierten Kelche hingegen nehmen bei Dilatation eine einheitlich rundliche Form an. Folglich sind die Meßwerte der Kelchweiten besser vergleichbar als die jeweils größte Ausdehnung eines dilatierten Pyelons mit einer wesentlich größeren individuellen Schwankungsbreite. Bei ersteren beeinflußt die Wahl der sonographischen Schnittebene die Meßergebnisse in geringerem Ausmaß als bei den verschiedenen Nierenbeckenformen. Laut DEUTICKE und KAIRIS (7,18) betrifft eine geringgradige Stauung zuerst die Nierenkelche bei noch normal konfiguriertem Nierenbecken. Erst eine ausgeprägtere Entleerungsstörung führt zu einer Ausweitung des Nierenbeckens. Ein geringgradiger Aufstau könnte also nicht erfaßt werden, wenn man den Nierenbeckendurchmesser als Parameter der Stauung verwendet. Auch EMMETT (10) und PEAKE (31) wenden die Nierenkelchweite als Indikator der Harnstauung an. PEAKE führte eine Ultraschallstudie über die Erweiterung des NBKS in der Schwangerschaft durch. Die Ergebnisse dieser Untersuchung seien nachfolgend kurz skizziert: Von 153 Nieren bei Schwangeren zeigten 90 % der rechten Nieren und 67 % der linken Nieren Zeichen der Harnstauung. In der Kontrollgruppe (45 nicht schwangere Frauen) war diese Seitendifferenz nicht nach-

weisbar. Hier waren 73 % der rechten und 80 % der linken Nieren sonographisch unauffällig. Die übrigen Nieren wurden mit einer Kelchweite von mehr als 5 mm als geringgradige Harnstauungsnieren bezeichnet. Die Ätiologie der Stauung der ableitenden Harnwege in der Schwangerschaft wird in der Literatur kontrovers diskutiert (7,25,31). So führt die 'mechanische Theorie' eine Dilatation des oberen Harntraktes auf die Kompression durch den graviden Uterus zurück. Eine mechanische Ätiologie würde auch die zahlenmäßig höhere Betroffenheit der rechten Niere erklären: Durch die Dextroposition des graviden Uterus kommt es vor allem zu einer rechtsseitigen Stauung. Als weitere Ursache der rechtsseitigen Dilatation werden von PERSKY et al (5) und LUTZEYER (25) die topographischen Besonderheiten des rechten Ureterverlaufs angeführt: Rechter Ureter und rechte Ovarialvene verlaufen in der gleichen Bindegewegsscheide. Die stärkere Füllung des Ovarialvenenplexus und der Iliakalgefäße in der Schwangerschaft führt zu einer Kompression des Ureters und zu einer Abflußbehinderung (Ovarian Vein Syndrom). Nach der 'Hormontheorie' führt der hohe Progesteronspiegel zu einer Relaxation der ableitenden Harnwege analog der Tonusminderung der Uterusmuskulatur. Diese Theorie wird durch die Beobachtung gestützt, daß die Erweiterung des Hohlsystems bereits zueinem frühen Zeitpunkt der Schwangerschaft einsetzt, nämlich ab der 6. Schwangerschaftswoche (39). Zu diesem frühen Zeitpunkt kann eine Stauung noch nicht durch den graviden Uterus verursacht sein. Nach Ansicht von PEAKE et al. sind beide Faktoren an der Erweiterung des NBKS und des Harnleiters ursächlich beteiligt, da diese Dilatation während des gesamten Schwangerschaftsverlaufes nachweisbar ist: In der Frühschwangerschaft kann die Kompression noch nicht durch den graviden Uterus verursacht sein, in der Spätschwangerschaft hingegen dürfte die Dilatation gemäß der Hormontheorie nicht mehr auftreten, da zu diesem Zeitpunkt der Progesteronspiegel bereits wieder abgesunken ist.

4.2.0 DIE KELCHWEITEN BEI PATHOLOGISCHEN HARNSTAUUNGSNIEREN UND BEI FUNKTIONELLEN EKTASIEN IM EXPERIMENT

Die Ausmessung der sonographischen Befunde in der prospektiven Studie ergaben Kelchweiten zwischen 6mm und 28 mm. In einem Fall (n = 2Nieren) wurde eine sonographisch diagnostizierte Harnstauungsniere beidseits mit Kelchweiten von 6 mm rechts und 7 mm links in einem 8 Tage später durchgeführten Urogramm nicht bestätigt. Urographisch waren beide Nieren unauffällig dargestellt. Da auch die Ureteren sonographisch nicht nachweisbar waren, kann es sich um eine funktionelle Ektasie des Nierenbeckens (z.B. nach Flüssigkeitsaufnahme) gehandelt haben. Dies würde auch die Beidseitigkeit der Aufweitung am ehesten erklären.

Die mittlere Kelchweite in Teil A der prospektiven Studie betrug 10,5 mm mit Einzelmessungen zwischen 6 mm und 15 mm Kelchweite . In Teil B (nur Sonogramm, kein Urogramm) lag die mittlere Kelchweite bei 17,4 mm. Dieser deutlich höhere Mittelwert läßt sich dadurch erklären, daß hier ausschließlich klinisch gesicherte Harnstauungsnieren (Laborparameter, Anamnese, typisches Schmerzmuster bei Urolithiasis) mit sonographisch ausgeprägter Aufstauung ausgewertet wurden.

Die maximalen Kelchweiten der experimentellen Studie (Wasserdiurese, Koffeindiurese, osmotische Diurese) lagen zwischen 5 mm und 10 mm, wobei nur ein Wert 14 mm (bei osmotischer Diurese) betrug. Während Wasserdiurese konnte nur bei einem Probanden sonographisch keine NBKS-Erweiterung dargestellt werden (nach 1 000 ml Flüssigkeit und Untersuchung bis 120 Minuten nach Trinken). Während Koffeindiurese konnte bei demselben Probanden nur eine späteinsetzende (90 Minuten) minimale Kelcherweiterung von 6 mm rechts und 5 mm links verzeichnet werden. Bei einer weiteren Probandin war nach einer

Trinkmenge von 1 000 ml Wasser ebenfalls nur eine zeitlich verzögerte (120 Minuten) Aufweitung der Kelche zu beobachten. Koffeindiurese bewirkte bei dieser Probandin eine vergleichsweise späte, geringgradige Dilatation des NBKS von 6 mm beidseits . Beide Versuchspersonen gaben keinerlei klinische Beschwerden an. Auch anamnestisch war bei beiden keine Nierenerkrankung bekannt. Ebenso konnte während osmotischer Diurese bei drei Patienten sonographisch keine Dilatation des Hohlsystems dargestellt werden. Eine Altersabhängigkeit scheint dabei nicht zu bestehen, da dieses Nichtansprechen des NBKS auf Diuresebelastung bei einem 21-jährigen, einem 40-jährigen und einem 76-jährigen Patienten beobachtet wurde.
Physiologisch können diese Beobachtungen durch einen relativ hohen Tonus (Spannungszustand der glatten Muskulatur im Ruhezustand) der oberen Harnwege erklärt werden. Laut DEUTICKE (7) ist das Ausmaß der röntgenologisch sichtbaren Erweiterung von Nierenbecken und Ureter die Resultante aus dem Tonus der Mukulatur und dem Binnendruck. Dieser wird durch die produzierte Harnmenge und die gegebene Abflußmöglichkeit bestimmt. So fanden DAVID und ZIMSKIND (aus 7) bei elektromanometrischen Untersuchungen auch bei fehlender oder nur geringer NBKS-Erweiterung hohe Binnendruckwerte. Forcierte Diurese mit erhöhter Harnproduktion und erhöhtem intrapelvinen Druck kann bei hypotonen Harnwegen also zu einer deutlichen Erweiterung führen, während bei hypertonen Harnwegen diese Erweiterung fehlen kann. Sogar bei Steinkoliken mit extrem hohen intrapelvinen Druckwerten kann diese Dilatation ausbleiben (7).

Eine Seitendifferenz war in unserem Kollektiv nicht zu erkennen. MORIN und BAKER (29) fanden in ihrer sonographischen Untersuchung über den Einfluß der Blasenfüllung auf die sonographische Diagnose der Harnstauungsniere bei 14 von 23 Probanden eine beidseitige und bei

3 Probanden eine einseitige Aufweitung. Eine mögliche Ursache dieser einseitigen Aufweitung ist die schlechtere sonographische Darstellbarkeit der linken Niere. Diese ist nur von lateral darstellbar, im Gegensatz zur rechten Niere, die zusätzlich sehr gut von ventral zu untersuchen ist (Leber als Schallfenster). Wird allerdings der Koronarschnitt konsequent zur Untersuchung der Nieren angewandt, kann diese Fehlerquelle ausgeschaltet werden. Bei den von uns untersuchten Probanden wurden im Seitenvergleich zwar häufig unterschiedliche Werte gemessen, die höheren Werte wurden aber in ähnlicher Zahl rechts wie links gefunden.

4.3.0 ZEITPUNKT DER INITIALEN KELCHAUFWEITUNG BEI WASSER- UND KOFFEINDIURESE

Zwischen der zugeführten Trinkmenge und dem Zeitpunkt der initialen Aufweitung bestand in unserer Untersuchungsreihe eine deutliche Korrelation. Wie aus Tabelle 11 ersichtlich, war der Zeitabstand zwischen Trinken und Einsetzen der Dilatation bei größerem Trinkvolumen kleiner als bei geringerem Volumen. Dieser Zusammenhang ließ sich sowohl bei Wasserdiurese (Tab.6) als auch bei Koffeindiurese (Tab.8) beobachten. So war z.B. 20 Minuten nach Trinken der Gesamtmenge von 400 ml Kaffee bei 15 Probanden eine Aufweitung darzustellen, während nach Zufuhr von 200 ml erst bei 2 Probanden zu diesem Zeitpunkt eine Dilatation eintrat. Vergleicht man die graphische Darstellung der Wasserdiurese nach H.W. SMITH (Tab.10) mit unseren Ergebnissen (Tab.11), so fällt die zeitliche Übereinstimmung zwischen steigendem Harnvolumen und der sonographisch dargestellten initialen Kelchaufweitung bei Wasserdiurese auf: 60 bis 80 Minuten nach Trinken von 1 000 ml Wasser ist das Maximum der Harnproduktion zu verzeichnen (14 cm^3/Min.), im gleichen Zeitraum, nämlich 50 bis 70 Minuten nach Trinken von 500 ml Wasser, sind bei 18 bis 20 Probanden Nierenbecken

und -Kelche im Sonogramm dilatiert dargestellt.

Nach Einnahme eines pharmokologischen Diuretikums (40 mg Furosemid) erfolgte bei allen Probanden eine Aufweitung des NBKS mit Kelchweiten zwischen 5 mm und maximal 10 mm. Vergleicht man den Zeitpunkt der beginnenden Kelchaufweitung bei den 5 Probanden, bei denen sowohl während Koffeindiurese als auch nach Furosemideinnahme sonographiert wurde, zeigt sich, daß bei der Mehrzahl der Untersuchten die Aufweitung bei 200 ml Flüssigkeit ungefähr zur gleichen Zeit wie nach Furosemideinnahme einsetzt (30 bis 40 Minuten nach Untersuchungsbeginn). Pharmakologisch ist nach oraler Verabreichung von 4o mg Furosemid mit dem Wirkungseintritt 30 bis 60 Minuten nach Einnahme zu rechnen, wobei das Wirkungsmaximum 60 Minuten nach Wirkungseintritt zu erwarten ist. Die Wirkungsdauer wird mit ungefähr 6 Stunden nach oraler Verabreichung angegeben (19).

4.4.0 DARSTELLUNG DES PROXIMALEN URETERS

Der nichtdilatierte Ureter bei normaler Hydration kann mit den zur Zeit benutzten Ultraschallgeräten nicht dargestellt werden. Erst bei Urinstase durch Obstruktion kann die prästenotische Uretererweiterung sichtbar gemacht werden. Bei insgesamt 51 sonographisch diagnostizierten Harnstauungsnieren unserer prospektiven Studie konnte nur in 5 Fällen der Ureter nicht dargestellt werden: die Kelchweiten dieser Befunde lagen im Meßbereich von 6 mm bis 8 mm (Tab.5) Von 21 Grad I Harnstauungsnieren (Kelchweite 6 mm bis 10 mm) konnte der Ureter also bei 76 % sonographisch dargestellt werden. Bei Grad II und Grad III Harnstauungsnieren der prospektiven Studie gelang in allen Fällen die Darstellung des prästenotisch erweiterten Ureters im Koronarschnitt. Durch die routinemäßige Anwendung dieser Schnittebene kann auch Darmluft, die häufig als störend beschrieben

wird, die Ureterendarstellung nicht beeinträchtigen. Unter Wasser- und Koffeindiurese konnte bei den von uns zugeführten Flüssigkeitsmengen bis zu 500 ml der Ureter nur in einem Fall dargestellt werden. Während pharmakologisch induzierter Diurese nach 40 mg Furosemid war die peristaltische Füllung des Ureters bei 3 von 5 Probanden 45 Minuten nach Trinkbeginn sonographisch sichtbar.

Untersuchungen der Ureterdynamik (25,43) zeigen, daß die Ureterperistaltik in der Regel in der Lage ist, die anfallende Urinmenge auch unter Diurese in peristaltischen Wellen ohne Störung vom Nierenbecken zur Harnblase zu transportieren. Wird die Entleerungskapazität des Ureters während maximal forcierter Diurese allerdings überschritten, kann der Ureter nicht mehr die gesamte produzierte Harnmenge weitertransportieren, und Urinstase sowie Ureterdilatation treten auf. Bei weiterer Flüssigkeitszufuhr kommt es zu einem vollständigen Sistieren der Ureterperistaltik, der Urintransport erfolgt nur noch passiv (43). Diese physiologischen Beobachtungen können auch unsere sonographischen Ergebnisse erklären: Während Diurese ist der in der Regel nicht dilatierte Ureter sonographisch nicht darzustellen. Erst bei maximal forcierter Diurese nach Furosemid können die schneller aufeinanderfolgenden peristaltischen Spindeln sonographisch sichtbar gemacht werden. Das Ausmaß der Dilatation der Harnwege ist überdies abhängig vom individuell unterschiedlichen Tonus der glatten Muskulatur (7): Bei hypotonen Harnwegen kann bereits eine forcierte Diurese eine Dilatation von NBKS und Ureter bewirken.

Wie bereits von MORIN und BAKER (29) sonographisch untersucht wurde, führt eine maximale Füllung der Harnblase zur Dilatation des NBKS. Uns interessierte die Frage, ob auch der Ureter bei maximaler Blasenfüllung sonographisch dargestellt werden kann, da der intramurale Harnleiterabschnitt durch zunehmende Dehnung des Trigonums der Blasenwand als funktionelle Stenose wirkt, und zu Urinstase führt (43). Ebenso wie bei obstrukti-

ver Uropathie müßte die sonographische Ureterdarstellung folglich möglich sein. Dies wurde bei einem Probanden nach Zufuhr von 1 000 ml Wasser unmittelbar vor Miktion sonographisch untersucht: die Harnblase stellte sich sonographisch maximal geweitet dar, der proximale Ureter war nachweisbar (Weite 5 mm). Während Furosemiddiurese wurde sonographisch ebenfalls die Ureterdistension bei maximal gefüllter Blase vor Miktion dokumentiert. Hier war allerdings auch unmittelbar nach Miktion der Ureter sonographisch sichtbar, d.h. die Ureterdilatation ist in erster Linie auf die maximal gesteigerte Harnproduktion zurückzuführen.
Von Bedeutung ist die Beobachtung, daß bei funktionellen Ektasien unter Diurese (Trinkversuche) mit Kelchweiten von 6 mm bis 10 mm der Ureter nur in 1 Fall (≙ 5 %) dargestellt werden konnte. Bei obstruktiven Grad I Harnstauungsnieren mit Kelchweiten von 6mm bis 10 mm war der prästenotisch erweiterte Ureter dagegen in 16 von 21 Fällen (≙ 76 %) sonographisch sichtbar. Bei differentialdiagnostischer Abgrenzung funktioneller von pathologischen Aufweitungen, vor allem ohne deutliche klinische Symptomatik, sollte zusätzlich die sonographische Darstellung des Ureters berücksichtigt werden. Weitere Beobachtungen werden künftig noch genauere Angaben über die diagnostische Wertigkeit der sonographischen Ureterdarstellung zu geben vermögen.

In der Literatur finden sich bezüglich der Darstellung des dilatierten Ureters bei Harnstauung keine Angaben. Lediglich BROCKMANN weist auf die Bedeutung der Ureterdilatation für die Diagnose einer Harnstauungsniere hin (4).

Abb. 4a: Rechte Niere eines nierengesunden Probanden

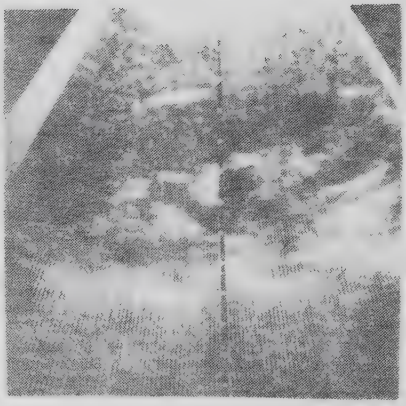


Abb. 4b: Gleiche Niere 60 Minuten nach Zufuhr von 500 ml Wasser im Koronarschnitt: Kelchweite 8 mm, keine Darstellung des proximalen Ureters

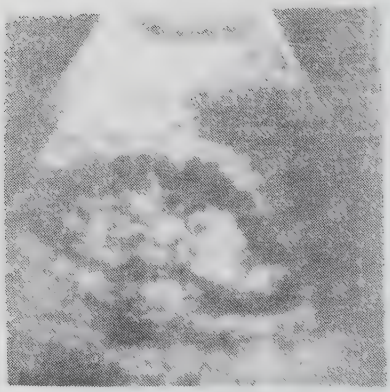


Abb. 5a: Linke Niere eines nierengesunden Probanden

Abb. 5b: Gleiche Niere 30 Minuten nach Zufuhr von 400 ml Kaffee im Koronarschnitt: Kelchweite 10 mm, proximaler Ureter nicht dargestellt

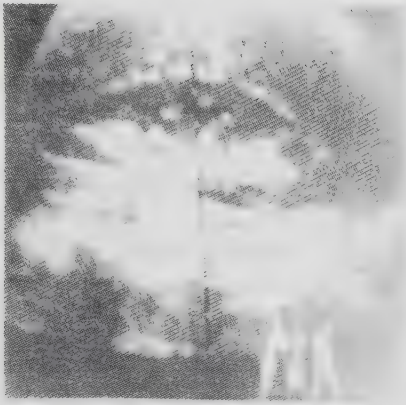


Abb. 6a: Linke Niere eines nierengesunden Probanden

Abb. 6b: Gleiche Niere 30 Minuten nach Einnahme von 40 mg Furosemid im Koronarschnitt: Kelchweite 8 mm, proximaler Ureter dargestellt (Weite 5 mm)

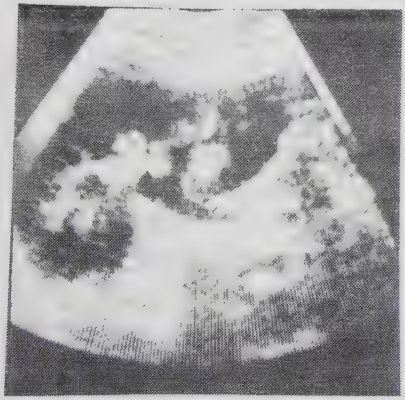


Abb. 7: Obstruktive Grad I Harnstauungsniere rechts: Echomuster und Kelchweite ähnlich wie bei funktioneller Ektasie, zusätzlich deutliche Darstellung des Ureters

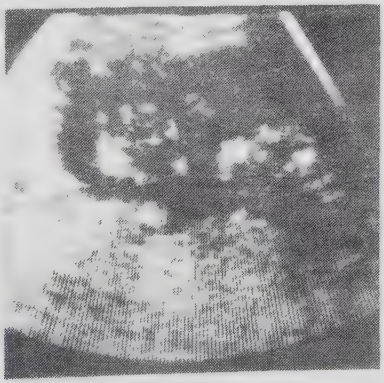


Abb. 8: Obstruktive Grad II Harnstauungsniere links: handförmige Aufweitung des NBKS (Kelchweite 12 mm) und Darstellung des dilatierten proximalen Ureters

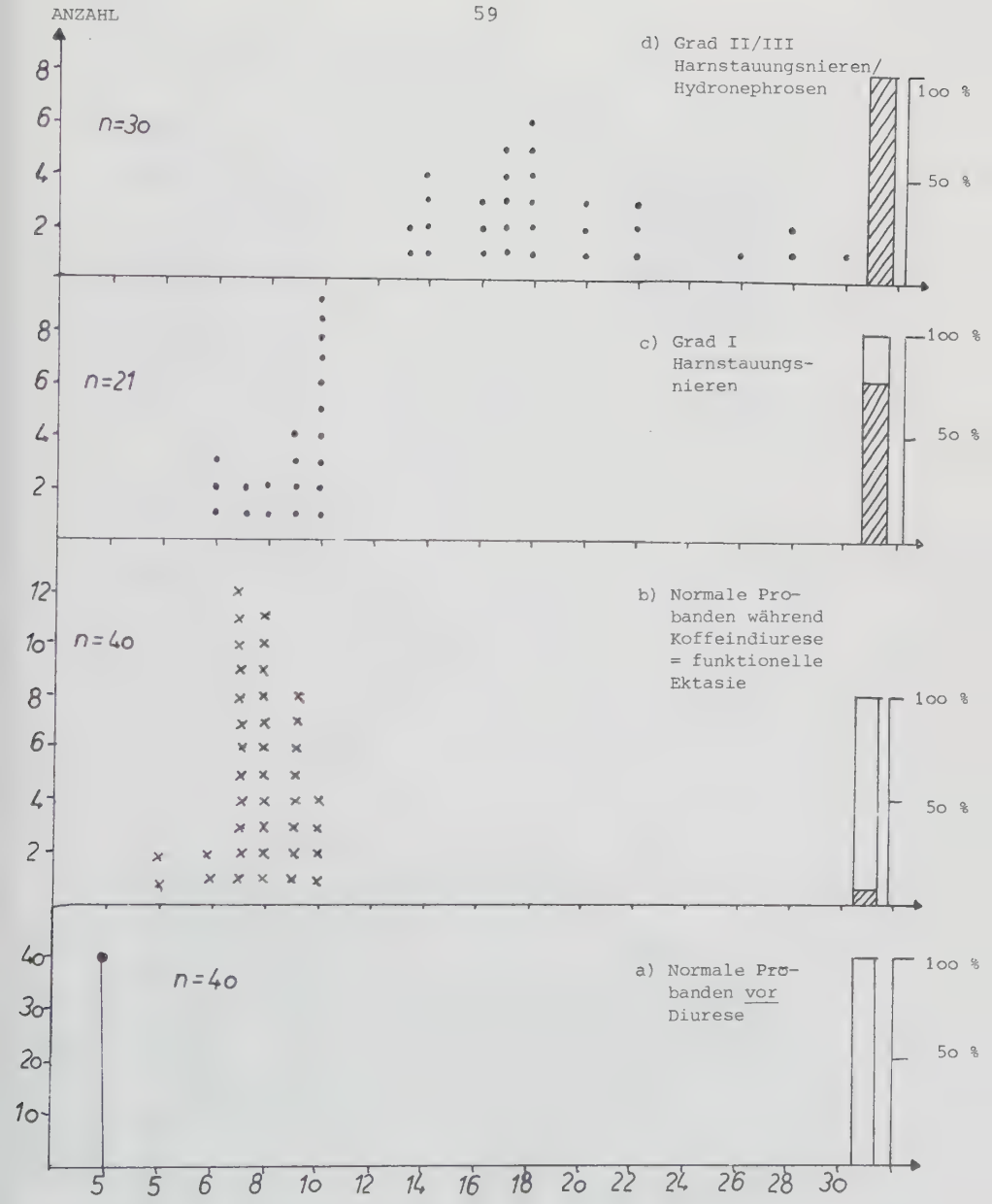
4.5.0 ECHOMUSTER DER HARNSTAUUNGSNIERE UND DER FUNKTIONELLEN EKTASIEN

Sonographisch fanden sich bei obstruktionsbedingten Harnstauungsnieren und bei funktionell bedingten Ektasien übereinstimmende Bilder des NBKS. Im Koronarschnitt zeigten sich echofreie, konfluierende Areale, die von uns als 'handförmige' Aufweitung charakterisiert wurden. Bei pathologischer Harnstauungsniere setzt sich diese handförmige Aufweitung im Regelfall in ein nach kaudal abknickendes echofreies Band fort (Ureter).

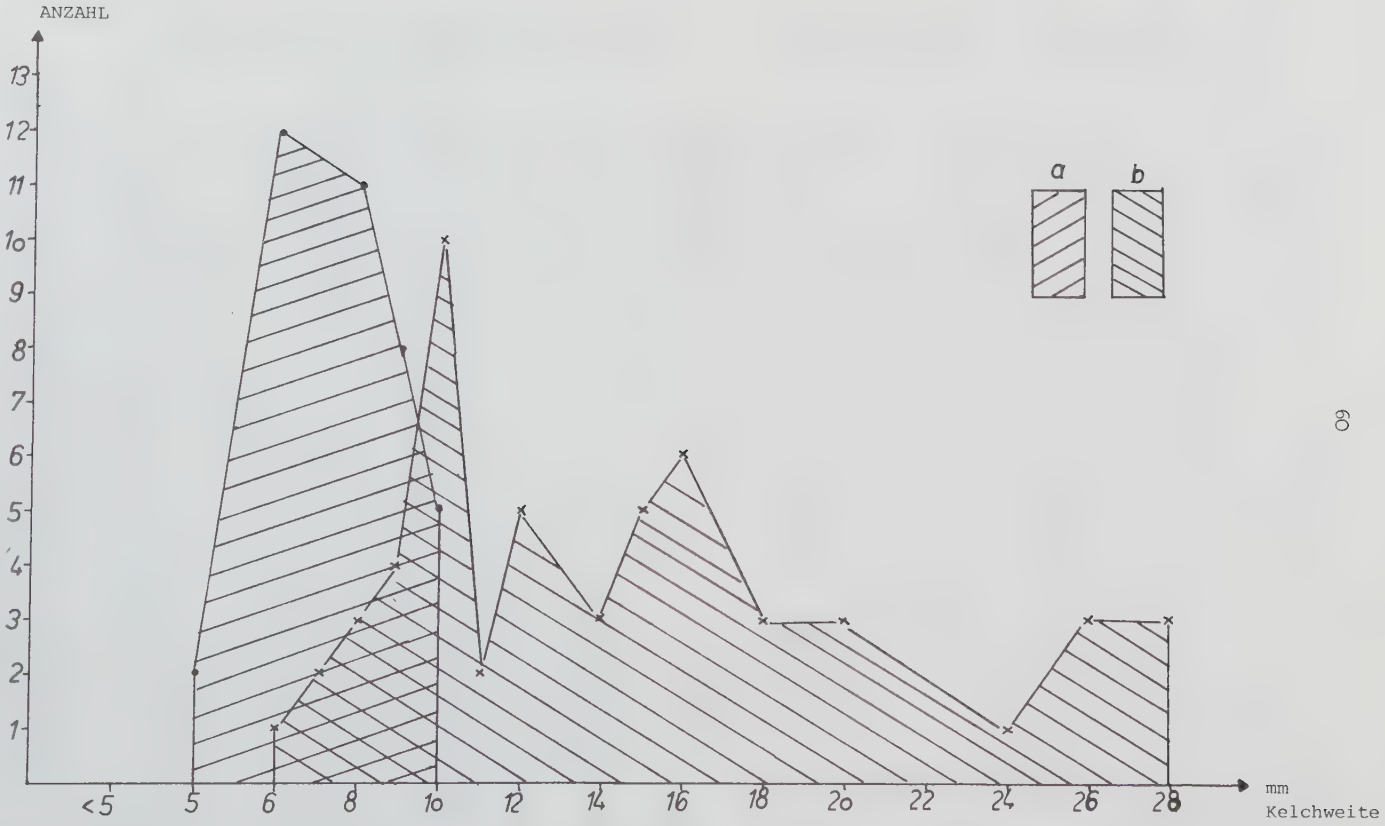
Bei der chronischen Harnstauungsniere findet sich je nach Dauer der Obstruktion eine Verschmälerung des Parenchyms bis auf einen dünnen Randsaum (Hydronephrose). Der flüssigkeitsgefüllte Innenraum kann septiert sein oder als ein einziges echofreies Areal ohne Nachweis von Kelchstrukturen imponieren (Sackniere). Alle von uns sonographisch untersuchten Harnstauungsnieren zeigten eine Erweiterung von Nierenkelchen und Nierenbecken.

4.6.0 KLASSIFIKATIONSSCHEMA DER HARNSTAUUNGSNIERE/HYDRONEPHROSE

Andere Autoren geben zur Einteilung der Harnstauungsnieren/Hydronephrosen im Sonogramm bisher eine rein qualitative Beschreibung an (28,36,38). Unsere Ergebnisse legen eine Gradeinteilung entsprechend den Kelchweiten nahe.: Die niedrigste von uns ausgemessene Kelchweite einer Harnstauungsniere betrug 6 mm. Somit wurde der Bereich von 0 bis 5 mm als Grad 0 (keine Stauung) definiert. Als Grad I Harnstauungsnieren wurden geringgradige Aufweitungen mit Kelchdurchmessern von 6 mm bis 10 mm eingestuft. Sämtliche funktionellen Aufweitungen der experimentellen Studie (Wasser-, Koffeindiurese, pharmakologisch und osmotisch induzierte Diurese) lagen mit Kelchweiten von 5 mm bis 10 mm ebenfalls in diesem Bereich. Diese Überschneidung ist in Tabelle 15 am Beispiel der Koffeindiurese dargestellt. Wie aus der gra-



Tab. 15: Vergleich der Kelchweiten von funktionellbedingter Ektasie bei nier ngesunden Probanden vor und während Koffeindiurese (a + b) mit obstruktiven Harnstauungsnieren Grad I, II und III (c + d). Rechts aufgetragen die prozentuale Ureterdarstellung.



Tab. 16: Vergleich der Kelchweiten bei funktionell bedingter Ektasie nierengesunder Probanden während Koffeindiurese (a) mit den Kelchweiten obstruktiver Grad I, Grad II und Grad III Harnstauungsnieren (b)
Darstellung des Überschneidungsbereiches bei Kelchweiten von 6 mm bis 10 mm

phischen Darstellung (Tab.16) ersichtlich, sind obstruktive Grad I Harnstauungsnieren durch das Ausmaß der Kelchdilatation (6 mm bis 10 mm) bei ähnlichem Echomuster nicht eindeutig von funktionellen Ektasien abzugrenzen. Bei pathologischen Grad I Harnstauungsnieren war in unserem Kollektiv der prästenotisch geweitete proximale Ureter allerdings bei 2/3 der Fälle sonographisch sichtbar, während bei funktionellen Ektasien durch Diurese der proximale Ureter nur in einem Fall sonographisch nachgewiesen werden konnte. Dies gilt nicht für die maximal forcierte Diurese nach Einnahme eines stark wirksamen Diuretikums (Furosemid): Hier war bei 3 von 5 Probanden der Ureter ebenfalls sonographisch dargestellt.

GRAD	KELCHWEITE	ECHOMUSTER
0	0 - 5 mm	Reflexband des Nierensinus echodicht bis minimal aufgeweitet
I mild	6 - 10 mm n = 21	echofreie konfluierende Areale, bei Obstruktion evtl. Ureterdarstellung
II mäßig	11 - 15 mm n = 14	Verbindung der dilatierten Kelche mit Nierenbecken und Ureter nachweisbar Parenchym fakultativ verschmälert
III Hydronephrose	mehr als 16 mm n = 16	a) septierte Form: große aneinandergrenzende konfluierende echofreie Areale b) Sackform: große runde echofreie Flüssigkeitsansammlung (Nierenbecken) a) + b) Parenchym verschmälert, Ureter erweitert.

Tab. 17: Klassifikationsschema der Harnstauungsniere/Hydronephrose

Nierenkelche mit einem Durchmesser von 11 mm bis 15 mm entsprechen Grad II Harnstauungsnieren. Bei diesen war in allen Fällen unserer prospektiven Studie im Koronarschnitt ein dilatierter Ureter in Verbindung mit den echofreien Arealen der Kelche darstellbar. Eine Parenchymverschmälerung war in 11 von insgesamt 14 Grad II Harnstauungsnieren nachweisbar. Bei den übrigen Harnstauungsnieren lag die Parenchym-Pyelon-Relation noch im Normalbereich. Erst bei den Hydronephrosen mit Kelchweiten von mehr als 16 mm war der Parenchymsaum deutlich verschmälert. Dieser Bereich wurde als Grad III Harnstauungsniere/Hydronephrose bezeichnet.

4.7.0 SENSITIVITÄT UND FEHLDIAGNOSEN DER PROSPEKTIVEN UND RETROSPEKTIVEN UNTERSUCHUNG

Die in der Literatur angegebene Sensitivität bezüglich der sonographischen Diagnose der Harnstauungsniere liegt zwischen 94 % bei LKT LEE et al (24), 100 % bei ELLENBOGEN,SCHEIBLE (9) und 94 % bei MALAVE und NEIMAN (26).

Die retrospektive Auswertung aller urographisch gesicherten Harnstauungsnieren vor Beginn dieser Untersuchung ergab eine Sensitivität von 93 %. Die Sensitivität der prospektiven Studie (Ultraschalluntersuchung derNiere unter von uns erarbeiteten Standardbedingungen) betrug 100 %: Bei der sonographischen Untersuchung wurde keine Harnstauungsniere übersehen.

Retrospektiv wurde sonographisch in 6 Fällen fälschlicherweise eine Harnstauungsniere diagnostiziert, die urographisch nicht bestätigt wurde. Daraus errechnet sich eine Falsch-Positiv-Rate von 29 %. Diese hohe Zahl an falsch-positiven Befunden hatte uns zu der vorliegenden Studie veranlaßt. Prospektiv ergab sich eine Falsch-Positiv-Rate von 10 %: 3 Fehldiagnosen bei 30 sono-

graphisch diagnostizierten Harnstauungsnieren. Unter Standardbedingungen,vor allem der konsequenten Anwendung des Koronarschnittes, konnte die Zahl der Fehldiagnosen also deutlich gesenkt werden. In der Literatur rangieren die Angaben über falsch-positive Befunde von 8 % bei LEE (24) bis zu 28 % bei ELLENBOGEN und SCHEIBLE (9). Bei all diesen prozentualen Angaben darf allerdings der Effekt der Patienten-Population nicht übersehen werden. Ebenso muß die Verbesserung der sonographischen Technik durch zunehmend besseres Auflösungsvermögen berücksichtigt werden. So datiert die Untersuchung von ELLENBOGEN (9) mit dieser hohen Zahl von falsch-positiven Befunden bereits aus dem Jahre 1978 und wurde mit einem Compound-Gerät durchgeführt. Mit dem neueren Real-Time Verfahren läßt sich eine deutlich genauere NBKS-Darstellung erzielen und dadurch die Zahl von Fehldiagnosen verringern.

Die Ursache falsch-positiver Befunde war in der prospektiven Studie in einem Fall eine urographisch diagnostizierte parapelvine Zyste mit einem Durchmesser von 3 cm, drei weitere Zysten lagen innerhalb der Cortex. Hier hatte der Untersucher sonographisch konfluierende zystische Areale und einen andeutungsweise dargestellten Ureter beschrieben. Die Patientin hatte über kolikartige rechtsseitige Oberbauchbeschwerden geklagt (Nierenbefund linksseitig). Selbst bei einer eingeschränkten Vergleichsfähigkeit der beiden Untersuchungen - der Zeitabstand zwischen beiden Untersuchungen betrug 8 Tage - spricht die fehlende Klinik gegen die Diagnose einer obstruktiven linksseitigen Harnstauungsniere zum Zeitpunkt der Sonographie. Das parapelvin gelegene zystische Areal wurde hier vom Untersucher als dilatiertes Nierenbecken fehlinterpretiert.

Im zweiten Fall wurde die sonographische Diagnose von beidseitigen Harnstauungsnieren in einem 8 Tage später durchgeführten Urogramm nicht bestätigt. Bei linkssei-

tigen kolikartigen Schmerzen mag hier zum Zeitpunkt der sonographischen Untersuchung tatsächlich eine konkrementbedingte Harnstauungsniere links vorgelegen haben, die nach zwischenzeitlichem Konkrementabgang urographisch nicht mehr nachweisbar war. Bei Kelchweiten von 6 mm rechts und 7 mm links könnte auch eine funktionelle Ektasie bestanden haben, was die Beidseitigkeit des Befundes erklären würde. Dies bleibt spekulativ, der Vorgang wurde als falsch-positive Diagnose gewertet.

Die Auswertung der retrospektiv analysierten Fälle ergab in 3 Fällen eine sonographische Fehlinterpretation von zystischen Nierenveränderungen als Harnstauungsnieren. Ursache einer weiteren sonographischen Fehldiagnose war ein doppelt angelegtes Nierenbecken mit zystischer Verplumpung der mittleren und unteren Kelchgruppe. Zwei urographisch völlig unauffällige Nieren eines Patienten waren sonographisch als Harnstauungsnieren mit geringgradiger Aufweitung des NBKS beschrieben worden. Auch hier mag der Zeitpunkt der Sonographie eine funktionelle Aufweitung vorgelegen haben. In keinem der vorgenannten Fälle war in der vom Untersucher gewählten Schnittebene ein erweiterter Ureter dargestellt oder beschrieben worden. Dies spricht nach unseren Ergebnissen eher gegen die sonographische Diagnose einer Harnstauungsniere.

4.8.0 DIFFERENTIALDIAGNOSEN

Aus den vorgenannten Ursachen von sonographischen Fehldiagnosen ergeben sich die wichtigsten Differentialdiagnosen der Harnstauungsniere im Sonogramm.

An erster Stelle ist hier die differentialdiagnostische Abgrenzung von parapelviner Zyste und Harnstauungsniere zu nennen. Parapelvine Zysten mit fingerähnlichen Ausläufern können selbst im Koronarschnitt eine Harnstauungsniere vortäuschen. Die Darstellung verdrängter,

nichterweiterter Kelche kann hier zur richtigen Diagnose einer Zyste führen. Das Aufsuchen von konfluierenden Arealen mit Verbindung zu einem weiten Nierenbecken und die Fortsetzung in einen erweiterten Ureter im Koronarschnitt ist hingegen beweisend für eine Harnstauungsniere. Zwar wird die Diagnose von corticalen Zysten durch den Koronarschnitt erleichtert, die Abgrenzung von ausgeprägter zystischer Nierenerkrankung und Grad III Hydronephrosen bereitet allerdings auch in der Koronarebene größere Schwierigkeiten. Hier führt auch die Suche nach zusätzlichen Zeichen wie bilaterales Auftreten von Nierenzysten, Koinzidenz von hepatischen Zysten, Nachweis von Nierenkelchen und Darstellung eines erweiterten Ureters bei Obstruktion nicht unbedingt zur eindeutigen Diagnose. RALLS et al. (33) veröffentlichten hierzu eine Studie, in der als wichtigstes Kriterium der Differentialdiagnose von Zyste und Hydronephrose ein erweitertes Nierenbecken herausgearbeitet wurde. In einer 'Blindstudie' bewerteten die Autoren 13 Nierensonogramme mit der Fragestellung Hydronephrose oder ausgeprägte Zystenerkrankung, ohne daß ihnen weitere klinische Daten oder die Ergebnisse weiterführender Untersuchungen zur Verfügung standen. Nach Angabe der Autoren wurde in allen Fällen die Hydronephrose richtig erkannt. Von den Zystenerkrankungen wurde fälschlicherweise eine als Hydronephrose interpretiert. Hier war eine parapelvine Zyste als dilatiertes Nierenbecken fehlgedeutet worden.

Eine weitere, in der Literatur häufig genannte Ursache einer falsch-positiven Harnstauungsdiagnose ist die renale Sinuslipomatose. Die echodichten Strukturen des Nierensinus sind bei dieser um anscheinend echofreie Fettablagerungen gruppiert (3). Bei zunehmend besserem Auflösungsvermögen der neueren Ultraschallgeräte kann die Differentialdiagnose eher gelingen. Auch im Koronarschnitt kann diese Differentialdiagnose Schwierigkeiten bereiten, da echoarmes Fett oft auch das Nierenbecken

umkleidet, dieses Fett also auch als dilatiertes Becken fehlinterpretiert werden kann.

FIEGLER (14) gibt folgende Kriterien zur Abgrenzung von Sinuslipomatose und Harnstauungsniere an: Die Hydronephrose ist im Gegensatz zur Lipomatose scharf begrenzt und weist eine Schallverstärkung auf. Bei zunehmender Verstärkung bleibt die Harnstauungsniere echofrei, während die Lipomatose echoreicher wird.

Eine geringgradige, nicht obstruktionsbedingte Dilatation des NBKS findet sich gelegentlich bei Nierentransplantaten (3). Die Dilatation wird hierbei durch verschiedene Faktoren verursacht: erhöhter Urindurchfluß, Dilatation nach längerbestehender Oligurie durch Verdickung der Blasenwand am ureterovesikalen Übergang. Eine Abstoßungsreaktion kann eine Verminderung der ureteralen Peristaltik und somit eine Urinstase verursachen.

Ein ampulläres Nierenbecken kann ebenfalls als dilatiertes Nierenbecken fehlinterpretiert werden, insbesondere bei kurzen verplumpten Kelchen (3).

LEE (24) und McCLENNAN (27) geben als weitere Fehlerquelle die generalisierte Dilatation bei einer akuten Pyelonephritis an. Klinisch weisen beide Erkrankungen u.U. eine ähnliche Symptomatik auf: Rückenschmerzen, Fieber. Zwar werden die Röntgenzeichen einer vergrößerten Niere mit verzögerter Kontrastmittelausscheidung und weitgestelltem NBKS bei beiden beobachtet, sonographisch kann die Differentialdiagnose jedoch meist gelingen. So führt die akute Pyelonephritis zu einer ödematösen Schwellung und Verbreitung des Parenchyms (15,8) mit verminderter Echostruktur.

MORIN und BAKER (29) führten eine Studie zur Auswirkung einer gefüllten Blase auf das NBKS durch. Von GILL und CURTIS (13) war bereits urographisch nachgewiesen worden, daß eine nahezu gefüllte Blase bei nierengesunden

Probanden eine Dilatation des NBKS bewirkt. MORIN und BAKER konnten diesen Effekt bei mehr als der Hälfte von insgesamt 23 Probanden auch im Sonogramm nachweisen. Die Probanden tranken im Durchschnitt 1 500 ml Flüssigkeit bis Harndrang verspürt wurde. Zu diesem Zeitpunkt wurde mit der Ultraschalluntersuchung begonnen. Bei 17 Probanden konnte sonographisch eine gering- bis mäßigausgeprägte Harnstauung bei vollaufgeweiteter Blase festgestellt werden. Zur Darstellung des proximalen Ureters machen die Autoren keine Angaben. Resultierend aus ihren Beobachtungen fordern die Untersucher, daß die Ultraschalluntersuchung der Niere grundsätzlich bei leerer Harnblase und,insbesondere beim urämischen Patienten,vor Einleitung der Rehydration durchgeführt wird.

Die eigenen Ergebnisse zeigen, daß bei ähnlichem Echomuster eine Grad I Harnstauungsniere nicht eindeutig von einer funktionell bedingten Ektasie nach Flüssigkeitszufuhr, Diuretikaeinnahme oder unmittelbar im Anschluß an ein Infusionsurogramm abgegrenzt werden kann. In Tabelle 15 und 16 ist die Überschneidung der physiologischen und pathologischen Aufweitung im Bereich von 6 mm bis 10 mm graphisch dargestellt. Differentialdiagnostisch hilfreich sind hier:
Erstens die Ureterdarstellung bei Grad I Harnstauungsnieren in 76 % der untersuchten Fälle der prospektiven Studie gegenüber nur 5 % bei funktionellen Ektasien nach Flüßigkeitszufuhr. Eine Ausnahme stellt die maximal forcierte Diurese dar, hier konnte - bei nur kleinem Kollektiv - der Ureter bei 3 von 5 Probanden dilatiert dargestellt werden. Auch bei maximal gefüllter Blase kann der Ureter sonographisch sichtbar sein (s. Kapitel 4.4.0 und 4.6.0).
Zweitens sollte die kontralaterale Niere beachtet werden: Während funktionelle Aufweitungen in der Regel beidseitig auftreten, sind obstruktionsbedingte Harn-

stauungsnieren in der Mehrzahl einseitig. Lediglich bei Stenosen distal der Uretermündung (z.B. Blasentumor, Urethrakompression durch Prostataadenom) kommt es zu einer beidseitigen Aufweitung.
Um die Möglichkeit der Fehlinterpretation einer gesunden Niere mit funktioneller Ektasie als Grad I Harnstauungsniere zu verringern, sollte dennoch die Untersuchung zu einem anderen Termin nach Flüssigkeitsrestriktion und unmittelbar nach Miktion durchgeführt werden.

Unter Berücksichtigung eigener Erfahrungen und nach Durchsicht der hier vorliegenden Literatur stellten wir die folgende Tabelle über die differentialdiagnostisch abzugrenzenden Ursachen von falsch-positiven Befunden zusammen. All diese Faktoren können zu der sonographischen Fehlinterpretation einer gesunden Niere als Harnstauungsniere führen:

NORMVARIANTEN	ampulläres Nierenbecken (27,34,38)
	kongenitale Megakalices (27,38)
	Kelchdivertikel (27)
ERHÖHTER URIN-	Überhydration
DURCHFLUSS	Diuretika
	osmotische Diurese während oder unmittelbar nach Urographie
	Diurese bei oligurischer Azotämie (27)
ENTZÜNDUNGEN	akute Pyelonephritis (generalisierte Dilatation)
	chronische Pyelonephritis (26) (24)
	Tuberkulose (9,26,38)
NIERENZYSTEN	parapelvine Zysten (3,33,34,38)
	polyzystische Nieren
ANDERE	hypotones Nierenbecken,z.B. nach Steinabgang
URSACHEN	Nierentransplantation (3) (3,24,38)
	Vesicoureteraler Reflux (34,38)
	Dilatation bei gefüllter Harnblase (29)
	Sinuslipomatose (26)
	Schwangerschaft (11,31,39)

Tab. 18a: Differentialdiagnosen

In einer zweiten Tabelle werden die Ursachen zusammengefaßt, die zur Fehldiagnose einer unauffälligen Niere bei tatsächlich bestehender Harnstauungsniere führen können:

Akute renale Obstruktion: das Nierenbecken ist noch nicht sichtbar aufgeweitet (24)
Multiple Zysten bei gleichzeitig bestehender Harnstauungsniere (24
Fehldeutung einer Kaliektasis als vergrößerte Pyramiden (20)
Patient unter Flüssigkeitsrestriktion bei partieller Obstruktion
Intermittierende Obstruktion (22)

Tab. 18 b: Differentialdiagnosen

Diese Fälle sind zahlenmäßig relativ selten, sollten aber in die Differentialdiagnose miteinbezogen werden.

Wie die vorliegende Studie zeigt, konnte die Sensitivität der Ultraschalluntersuchung bezüglich der Harnstauungsniere unter Standardbedingungen erhöht werden, die Zahl falsch-positiver Befunde gesenkt werden. Zu dieser Verbesserung der Sensitivität hat vor allem die konsequente Anwendung des Koronarschnitts beigetragen. Läßt sich in dieser Schnittebene eine Verbindung von echofreien, zystisch imponierenden Arealen mit dem Nierenbecken und dem Ureter nachweisen, spricht dies für die Diagnose einer Harnstauungsniere. Die Möglichkeit einer Fehlinterpretation 'Zystenniere' als häufigste Fehldiagnose läßt sich so nahezu ausschließen. Funktionelle Aufweitungen lassen sich wie die experimentelle Untersuchung zeigte, wesentlich besser von obstruktiven

Harnstauungsnieren abgrenzen, wenn man berücksichtigt, daß bei funktionellen Ektasien der Ureter im Regelfall nicht darzustellen ist (Ausnahme unter Umständen bei hypotonen Harnwegen, maximal forcierter Diurese, maximal gefüllter Harnblase). Um Fehldiagnosen zu vermeiden empfiehlt sich bei sonographischem Verdacht auf eine Grad I Harnstauungsniere die Wiederholung der sonographischen Untersuchung unter Flüßigkeitsrestriktion und unmittelbar nach Miktion.

Bei Verdacht auf eine partielle Obstruktion oder eine intermittierende Harnstauungsniere kann eine provozierte funktionelle Dilatation,z.B. durch Trinken von 500 bis 1 000 ml Flüssigkeit ungefähr 40 bis 90 Minuten vor Untersuchungsbeginn, als diagnostisches Hilfsmittel eingesetzt werden. Kann bei klinischem Verdacht auf eine Nephrolithiasis im Sonogramm kein Konkrement nachgewiesen werden, ermöglicht die funktionelle Dilatation eine bessere Darstellung des NBKS und eventuell den Nachweis des echodichten Konkrementes im flüssigkeitsgefüllten und dadurch echofreien Nierenbecken.

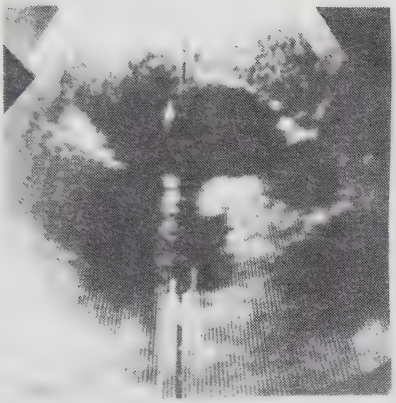


Abb. 9: Obstruktive Grad III Harnstauungsniere (Hydronephrose): Große zystische, zum Nierenbecken konfluierende Areale , proximaler Ureter dilatiert, Parenchymsaum deutlich verschmälert

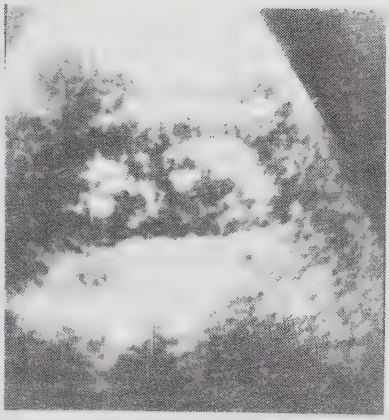


Abb. 10: Sinuslipomatose: im Nierensinus echoarme , nicht konfluierende Areale, keine Darstellung der oberen ableitenden Harnwege

Abb. 11: Zystenniere: multiple rundliche,zystische,nicht konfluierende Areale, Parenchym-Pyelon-Index normal. NBKS und Ureter nicht dargestellt

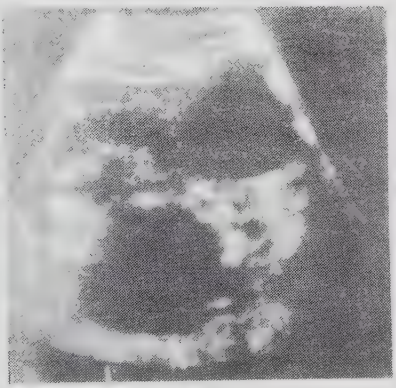


Abb. 12: Parapelvine Zyste: zwei große rundliche, echofreie Läsionen, eine im Nierenhilus. Keine Ureterabbildung

5.0.0 ZUSAMMENFASSUNG

Die Einleitung umfaßt Pathophysiologie und pathologische Anatomie der Harnstauungsniere, physikalische Grundlagen der Ultraschalldiagnostik und die sonographische Darstellung von Niere und ableitenden Harnwegen. Es folgt ein Überblick über die radiologischen Untersuchungsverfahren der Harnstauungsniere und eine Zusammenfassung der Indikationen der Nephrosonographie.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, verläßliche Kriterien zur Beurteilung einer Harnstauungsniere bzw. einer Hydronephrose herauszuarbeiten, die eine bessere Abgrenzung von funktionellen Aufweitungen und Normvarianten einerseits und von Erkrankungen, die zu einer sonographischen Fehldiagnose andererseits führen können, ermöglichen.

Alle sonographisch diagnostizierten Harnstauungsnieren von 1978 bis Juli 1982 (Beginn dieser Untersuchung), bei denen ein Urogramm als Vergleichsuntersuchung vorliegt, werden retrospektiv hinsichtlich Diagnosegenauigkeit und Falsch-Positiv-Rate ausgewertet. Die prospektive Untersuchung umfaßt alle sonographisch diagnostizierten Harnstauungsnieren von Juli 1982 bis August 1983 unter von uns erarbeiteten Standardbedingungen. In Teil A der prospektiven Studie werden alle Sonogramme im Hinblick auf Diagnosegenauigkeit und Falsch-Positiv-Rate im Vergleich zum Urogramm analysiert. Die sonographischen Befunde von Teil A und B (letzterer ohne Vergleichsurogramm) werden hinsichtlich der maximalen Kelchweite, der möglichen sonographischen Darstellung des proximalen Ureters und des Echomusters ausgewertet.

Im experimentellen Teil dieser Arbeit werden 20 nierengesunde Probanden bei Wasserdiurese und Koffeindiurese unter Standardbedingungen sonographisch untersucht. In

einem weiteren Untersuchungsgang werden bei 5 Probanden die Veränderungen von NBKS und Ureter nach Einnahme von 40 mg Furosemid sonographisch beobachtet. Bei 10 nierengesunden Patienten wird zeitlich parallel zum Infusionsurogramm die Auswirkung der osmotischen Diurese auf die ableitenden Harnwege sonographisch dargestellt. Alle sonographischen Befunde der experimentellen Studie werden nach folgenden Kriterien ausgewertet: Kelchweite, Zeitpunkt der initialen Kelchaufweitung, Echomuster des NBKS und Darstellbarkeit des proximalen Ureters.

1) Verbesserung der Sensitivität und Verringerung der Falsch-Positiv-Rate unter Standardbedingungen von 93 % bzw. 28 % in der retrospektiven Auswertung auf 100 % bei nur noch 6,6 % falsch-positiv Diagnosen. Diese geringere Zahl an Fehldiagnosen wird vor allem durch die konsequente Anwendung des Koronarschnittes erreicht, da nur in dieser Ebene der eine Harnstauungsniere beweisende Zusammenfluß der einzelnen geweiteten Kelche in differentialdiagnostischer Abgrenzung zu polyzystischen Nierenprozessen dargestellt werden kann.

2) Klassifikationsschema entsprechend den Kelchweiten:
   Grad O : Kelchweite 0 - 5 mm: keine Harnstauungsniere
   Grad I : Kelchweite 6 -10 mm
   Grad II : Kelchweite 11 -15 mm
   Grad III: Kelchweite mehr als 16 mm

3) Experimentelle Studie: funktionelle aufweitung unter Diurese:
   Unter Wasserdiurese, Koffeindiurese, forcierter Diurese nach Lasixeinnahme und osmotischer Diurese zeigte sich sonographisch eine fingerförmige Aufweitung des NBKS mit Kelchweiten von 6 bis 10 mm. Diese funktionell bedingten Ektasien konnten weder durch die Kelchweiten noch durch das Echomuster von patholo-

gischen obstruktiven Harnstauungsnieren Grad I abgegrenzt werden.
Von praktischer Relevanz für die sonographische Routineuntersuchung ist die Beobachtung, daß bei der Mehrzahl der nierengesunden Probanden bereits nach einer Tasse Kaffee 30 Minuten nach Trinken eine NBKS-Dilatation dargestellt werden konnte, ebenso 70 Minuten nach Trinken von 300 ml Wasser.

4) Der proximale Ureter konnte nach Zufuhr von 400 ml Kaffee oder von 500 ml Wasser nur in einem Fall sonographisch dargestellt werden. Bei maximaler Blasenfüllung nach Trinken von 1 000 ml Wasser war bei einem Probanden unmittelbar vor Miktion der Ureter sonographisch nachweisbar.
Wie von anderen Autoren bereits untersucht, führt eine maximal gefüllte Harnblase zu einer Darstellung des NBKS und - wie weitere eigene Untersuchungen zeigten - auch zu einer Darstellung des proximalen Ureters. Das Vorhandensein oder Fehlen der Dilatation der ableitenden Harnwege ist abhängig vom individuell unterschiedlichen Tonus der Harnwege.
Bei maximal forcierter Diurese nach Einnahme von 40 mg Furosemid konnte die peristaltische Füllung des Ureters bei 3 von 5 Probanden sonographisch dargestellt werden.
Dies sollte bei differentialdiagnostischer Abgrenzung von pathologischen und physiologischen NBKS-Aufweitungen berücksichtigt werden.

5) Resultierend aus unseren Ergebnissen empfehlen wir bei der sonographischen Untersuchung der Niere, insbesondere bei der Verdachtsdiagnose Harnstauungsniere, folgende Standardbedingungen:

a) Untersuchung in Rückenlage, Darstellung beider Nieren im Koronarschnitt, Darstellung der rechten

Niere zusätzlich von ventral. Bei nicht vollständiger Abbildung der Niere sollten, abgestimmt auf die Fragestellung, zusätzlich folgende Untersuchungen durchgeführt werden:
- im Stehen
- in Skolioselagerung
- in Bauchlage

b) Untersuchung nach Flüssigkeitsrestriktion, um die Möglichkeit einer Fehldeutung einer funktionellen Aufweitung als pathologische Harnstauungsniere zu verringern.

c) Untersuchung nach Miktion

d) Dokumentation des Hydrationszustandes zum Zeitpunkt der Untersuchung: z.B. Patient nüchtern oder Zeitpunkt der letzten Flüssigkeitsaufnahme während der letzten 2 Stunden vor der Untersuchung.

e) Dokumentation von Diuretikamedikation

f) Bei Verdacht auf eine Nephrolitiasis Untersuchung nach Flüssigkeitszufuhr, um Steine im NBKS besser sichtbar zu machen.

g) Bei der sonographischen Diagnose einer Grad I Harnstauungsniere Wiederholung der Untersuchung zu einem anderen Zeitpunkt, da diese nicht sicher von einer funktionellen Aufweitung abzugrenzen ist.

Unter Berücksichtigung der Standardbedingungen stellt die Nephrosonographie somit eine ausgezeichnete Screeningmethode bei Verdacht auf eine obstruktive Uropathie dar, mit einer hohen Sensitivität und einer geringen Zahl von falsch-positiven Befunden. Dabei sollte allerdings berücksichtigt werden, daß bei einem positiven Ergebnis im Sinne einer Harnstauungsniere eine Zusatzuntersuchung - meist ein Infusionsurogramm - notwendig ist. Dieses kann die Frage nach Ätiologie und Sitz der Obstruktion

klären und Auskunft über die renale Funktion geben. Auch bei hochgradigem klinischen Verdacht auf eine Obstruktion ohne sonographischen Nachweis einer Harnstauungsniere erscheint eine Zusatzuntersuchung erforderlich. Die Verlaufskontrolle einer bekannten Harnstauung sollte sonographisch erfolgen.

LITERATURNACHWEIS:

1 Alken, C.E., 'Leitfaden der Urologie', 6. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1973

2 Albrecht, K.F., Eigler, F.W., "Ableitende Harnwege" aus 'Klinische Pathophysiologie', Hrsg. W.Siegenthaler, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1973

3 Dehan, M., Wixson,D.,Kazam,E., "Sonographic Evaluation of The Nonfunctioning Kidney" , JClinUltrasound: 449-458, Dec.1979

4 Brockmann, W.-P. et al., "Ultraschalldiagnostik der Nieren" aus 'Real-Time Sonographie des Körpers', Hrsg. E.Bücheler, G.Friedmann, M. Thelen, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1983

5 Campell's Uroology, fourth Edition, Volume 1, 1978, W.B.Saunders, Philadelphia

6 Davidts, H.H., Kaulen, H., Albrecht, K.F., "Ultraschalldiagnostik bei Nierenerkrankungen", Urologe A 12, 283-291, 1973

7 Deuticke, P., Laubenberger, Th., "Die Röntgenuntersuchung der Niere und des Harnleiters in der urologischen Diagnostik", Werk-Verlag Banaschewski, 1974

8 Edell, St.L., Bonavita, J.A., "The Sonographic Appearance of Acute Pyelonphritis", Radiologie 132: 683-685, Sept. 1979

9 Ellenbogen, P.H., Scheible, F.W., Talner, L.B. et al. "Sensitivity of Gray Scale Ultrasound in Detecting Urinary Tract Obstruction", AmJ Roentg 130 : 731, 2978

10 Emmett, J.L., Witten , D.M., "Clinical Urography" Third Edition W.B. Saunders, Philadelphia, 1971 : 369-600

11 Erickson, L.M., Nicholson, S.F., Lewall, D.B. et al. "Ultrasound Evaluation of Hydronephrosis of Pregnancy", JCLinUltrasound, 7: 128-132, 1979

12 Frentzel-Beyme, B., Denkhaus, H., Aurich, B., Wieland, W., "Sonographie der ableitenden Harnwege", RöFo Heft 1, Band 140,1984

13 Gill, W.B., Curtis, G.A., "The Influence of Bladder Fullness on Upper Urinary Tract Dimensions and Renal Excretory Function", The Journal of Urology, Vol. 117: 573-577, 1977

14 Fiegler, W., "Darstellung fettreicher Gewebe und Tumore im Sonogramm", RöFo, 134, 2: 157-161

15 Fiegler, W. "Einsatzmöglichkeit der Sonographie bei akuten entzündlichen Nierenerkrankungen", RöFo 135: 640-644, 1981

16 Gillenwater, J.Y., "Pathophysiology of Urinary Obstruction", 'Cambell 's Urology', Vol. 1, Saunders, W.B., Philadelphia,1978

17 Grauhan, M. "Über Wachstum und Form der Hydronephrosen",Arch. klin.Chir.180: 1934, Kongr.Bd.517

18 Handbuch der Urologie, Bd. VIII, Hrsg. C.E.Alken, V.W.Dix, H.W. Weyrauch, E.Wildbolz, Springer Verlag,Berlin , 1962

19 Heidenreich, O., Füllgraff, G., "Diuretika"in'Pharmakologie und Toxikologie', Hrsg. W.Forth, D.Henschler,W.Rummel, B.I.Wissenschaftsverlag, 2.Auflage 1977

20 Hricak, H. et al. "Acute posttransplantation renal failure: Differential Diagnosis by Ultrasound", Radiology, 139: 441,1981

21 James, A.E., Goddard, J., Price, R.R. "Advances in Instrument Design and Image Recording", Radiol Cli NorthAm 18: 3-20,1980

22 Knop, J., Vogel, H., Hupe, W. "Intermittierende Hydronephrose" Röntgen-Bl. 34: 31-32, 1981

23 Lange, S., "Niere und ableitende Harnwege", 'Röntgen' Band IX, Hrsg. W.Frommhold, Thieme Verlag Stuttgart, 1983

24 Lee, J.K.T., Baron, R.L.,Leland,M. et al. "Can Real-Time Ultrasound Replace Static B-Scanning in The Diagnosis of Renal Obstruction?" 'Radiology' 139: 161-165, 1981

25 Lutzeyer, W., Kremling, H., Heinz, R., "Gynäkologische Urologie und Nephrologie", Urban und Schwarzenberg, 1977

26 Malave, S.R., Neiman, H.L., Spies, St.M. et al "Diagnosis of Hydronephrosis:Comparison of Radionuclide Scanning and Sonography" AJR 135: 1179-1185, 1980

27 Mc Clennan, B.L., "Current Approaches to the Azotaemic Patient", RadiolClinNorthAm 17: 197, 1979

28 Michaelson, G. "Percutanous Puncture of the Renal Pelvis intrapelvic Pressure and the Concentration Capacity of the Kidney in Hydronephrosis" Acta.med.scand. Suppl. 559/1, 1974

29 Morin, M.E., Baker, D.A., "The Influence of Hydration and Bladder Distension on the Sonographic Diagnosis of Hydronephrosis" JClinUltrasound 7: 192-194, 1979

30 Müller, Gräfe, 'Grundriß der Physik' , Verlag Harri Deutsch, 1972

31 Peake, S.L., Roxburgh, H.B., Langlois, S., "Ultrasonic Assessment of Hydronephrosis of Pregnancy", Radiology 146: 167-170, 1983

32 Pochhammer, K.-F., Hollstein, H., Böhlke, E., "Modifizierte sonographische Darstellung der Nieren durch Skolioselagerung" Ultraschall 1: 57-59, 1980 Thieme Verlag Stuttgart

33 Ralls, Ph.W., Esnsten, M.L., Boger, D. et al., "Severe Hydronephrosis and Severe Renal Cystic Disease: Ultrasonic Differentiation" AJR 134: 473-475, 1980

34 Rosenfield, At, Taylor, K.J., Dembner, A. et al., "Ultrasound of Renal Sinus: New Observations", AJR 133: 441, 1979

35 Rosenfield, At., Genitourinary Ultrasonography, Clinics in Diagnostic Ultrasound, Vol. 2, Churchill Livingstone, N.Y. 1979

36 Sanders, R.I., Conrad, M.R. "The Ultrasonic Characteristics of the Renal Pelvicalyceal Echo Complex", JClinUltrasound 5,6: 372-377, 1977

37 Sarre, H. 'Nierenkrankheiten', Georg Thieme Verlag, Stuttgart,1976

38 Scheible, W.L., Talner, B. "Gray Scale Ultrasound and the Genitourinary Tract", Radiol.Clin.NorthAm 17,2: 281-300, 1979

39 Schmoller, H.J. "Die Ultraschalluntersuchung der Nieren in der Schwangerschaft", Röntgenpraxis 35,: 69-73, 1982

40 Schüller, J., Walther, V., Stähler,G., "Ultraschalldiagnostik der Nieren" Z.Allg.Med. 59: 810-814, 1983

41 Schulze-Hagen, Meyenburg, M., "Einsatz der Sonographie während der Schwangerschaft"

42 Smith , H.W., 'Principles of Renal Physiology', Oxford University Press, N.Y., 1957

43 Tanagho, E.A. "Ureteral Peristaltic Activity" in 'Urodynamics', Hrsg. S.Boyarsky, C.W.Gottschalk, E.A.Tanagho, P.D.Zimskind, Academic Press, N.Y., 1971

44 Holmes, J.H., Howry, D.H., Poskony, G.J. et al., "The ultrasonic visualization of soft-tissue structures in the human body", Trans Am Clin Climatol Assoc 66: 208-225, 1954

45 Siegenthaler, W. , Beckerhoff, R., Vetter, W., "Diuretics in Research and Clinics" International Boehringer Mannheim Symposia, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1977

DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. med. Lange danke ich für konstruktive Kritik und freundliche Unterstützung.

Besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. Frentzel-Beyme für die Anregung zu diesem Thema, klinische Anleitung und ermutigenden Beistand in schwierigen Arbeitsphasen.

Für die Hilfe bei der experimentellen Untersuchung und der prospektiven Studie danke ich den Mitarbeitern der Radiologischen Abteilung im Krankenhaus Spandau-Nord.

Liesel Regitz-Jedermann

3. März 1954	geboren in Limbach/Saar
30. August 1982	Eheschließung mit Harald Jedermann
18. Januar 1983	Geburt der Tochter Jana

Schulische und fachliche Ausbildung

1960 - 1964	Evangelische Volksschule in Limbach
1964 - 1972	Mädchenrealgymnasium in Homburg/Saar
1972	Abitur
1972 - 1978	Studium der Medizin an der Med.Fakultät der Universität des Saarlandes
1976 - 1978	Studium der Psychologie an der Philosophischen Fakultät der Universität des Saarlandes
1978	Approbation
1982/83	Dissertation

Praktische Tätigkeit

1979	Assistenzärztin an der Radiologischen Abteilung des Städt. Krankenhauses Neukölln unter Leitung von Prof. Dr. med. Schaeffer
1980	Ärztliche Mitarbeiterin an einem Forschungsprojekt des Instituts für Soziale Medizin der Freien Universität Berlin unter Leitung von Prof. Dr. med. Paul
1981/82	Assistenzärztin am Krankenhaus des Ev. Johannesstifts, Berlin-Spandau unter Leitung von Dr. med. Neubart.